









Set 298
n^o 169



L'ART
DE
CONVERTIR LE FER
FORGE
EN ACIER,

ET

L'ART
D'ADOUCCIR LE FER FONDU,
Ou de faire des Ouvrages de fer fondu aussi finis
que de fer forgé.

*Par Monsieur de REAUMUR,
de l'Academie Royale des Sciences.*

A PARIS,

Chez MICHEL BRUNET, Grand'Salle du Palais, au
Mercure Galant.

M. DCC. XXII.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.

W. A. R. T.
OF
CONVERTIBLE
TO
EN A C I E R
ET

W. A. R. T. FOUNDRY
No. 10, South Street, New York
N. Y.

W. A. R. T. FOUNDRY
No. 10, South Street, New York
N. Y.



A

SON ALTESSE ROYALE;
MONSEIGNEUR
LE DUC D'ORLEANS,
REGENT DU ROYAUME.



ONSEIGNEUR,

*Les recherches qui font la matiere de cet
Ouvrage ont été regardées favorablement par
VOTRE ALTESSE ROYALE dès leur naissance;*

Elle s'est fait rendre un compte exact de leurs progrès ; il y a même ici tel *Memoire*, quoique long, dont elle a eu la patience d'entendre la lecture en entier ; enfin Elle a bien voulu récompenser d'une manière éclatante l'envie que j'avois montrée d'être utile au Public, & les efforts que j'avois faits pour y parvenir. Voilà bien des motifs pour oser offrir un *Ouvrage* à VÔTRE ALTESSE ROYALE ; ces mêmes motifs me font regretter de ce qu'il n'est pas plus digne de lui être offert ; l'esperance qui me reste est de suppléer, en partie, à ce qui y manque, par la continuation de mes *Travaux* ; de suivre d'autres recherches, déjà avancées, auxquelles VÔTRE ALTESSE ROYALE s'intéresse, parce qu'elles intéressent le Public. Je n'ai que cette voye pour tâcher d'exprimer l'étendue de ma reconnoissance, l'entier dévouement, & le profond respect avec lequel je suis,

MONSEIGNEUR,

DE VÔTRE ALTESSE ROYALE,

Le très-humble & très-
obéissant Serviteur,
REAUMUR.



P R E F A C E.



N a conservé aux différentes Pieces qui composent ce Volume le nom & la forme de Memoires, qu'on leur avoit données quand on les a lûes dans l'Academie des Sciences : Elles avoient été écrites pour faire partie d'un Ouvrage plus considerable, pour entrer dans l'Histoire ou la Description generale des Arts, dont on m'a fait l'honneur de me charger ; ici elles se trouvent en quelque sorte déplacées. Des endroits pourront paroître trop peu expliqués, même obscurs, qui peut-être n'eussent pas semblé tels, si ce qui regarde la conversion du fer en acier, & l'adoucissement du fer fondu eût été precedé de ce qui appartient au travail des mines de fer, à la maniere de les fondre, à la maniere d'affiner le métal qu'elles donnent, de le rendre malleable. On auroit aussi mieux vû l'utilité de ces Memoires, si on eût trouvé tout de suite la description des Arts qui mettent en œuvre le fer & l'acier ; ils sont à present isolés & n'avoient pas été faits pour l'être. Cependant parce qu'étant réunis, ils donnent des instructions sur deux matieres importantes au Public, & pour

P R E F A C E.

lesquelles aussi il a paru s'intéresser , & que ces instructions fussent pour conduire dans la pratique , on a mieux aimé les faire paroître plutôt , que de les faire paroître un peu plus à leur avantage.

Ils sont divisés en deux parties , ceux de la première traitent au long de la conversion du fer en acier , & de ce qu'il y a de plus essentiel à sçavoir par rapport à l'acier. C'est à cette première partie que nous avons donné le nom de l'Art de convertir le fer en acier ; comme nous avons donné aux Memoires de la seconde partie , celui de l'Art d'adoucir le fer fondu , ou de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que de fer forgé , parce que c'est ce qu'on a eu en vûe d'y enseigner.

Quand on donne les préceptes d'un Art , on a coûtume d'écrire d'une façon plus dogmatique que nous ne le faisons ; aussi ne suivrons-nous pas entierement la même methode , lorsque nous décrirons , dans notre Histoire generale , des Arts usités & connus ; alors nous n'aurons souvent qu'à rapporter des pratiques employées journellement ; on pourra avoir les preuves de ce que nous aurons avancé , toutes les fois qu'on voudra aller voir travailler les Ouvriers. Mais les regles que nous avons à donner actuellement étant ou entierement nouvelles , ou , ce qui revient au même , conservées mystérieusement , nous n'avions pas seulement à les rapporter , nous avions en même temps à en prouver la bonté.

P R E F A C E.

A la verité nous eussions pû commencer par donner des regles & venir ensuite aux preuves, c'est-à-dire aux experiences que nous avons faites; au lieu que nous avons commencé, presque par tout, par detailler scrupuleusement nos experiences. Je doute que la premiere methode soit la meilleure pour les matieres qui tiennent à la Physique. On voit mieux quel degré de certitude ont des assertions, quand elles sont immédiatement à la suite des experiences, d'où on les a deduites: par cette voye on montre à nud tout ce qu'on a fait; on n'en impose point sur la force des preuves; on ne donne point lieu d'imaginer de ces reticences qui tendent à faire penser qu'on a negligé de prouver ce qui pouvoit l'être aisément. Commence-t'on par donner des propositions pour vraies, le Lecteur a quelque penchant à croire qu'on les a tenues pour telles, avant que d'avoir tenté les experiences qu'on a faites pour les appuyer. Or il y a une grande difference pour la force des preuves entre des experiences d'où une proposition a été tirée, qui semble l'avoir fait naître necessairement, & entre des experiences employées après coup pour prouver une proposition. Ce n'est pas que ces dernieres ne soient excellentes, qu'on ne doive souvent y avoir recours, mais il est plus avantageux que ce soit pour achever d'établir des consequences tirées des premieres.

Pour s'instruire d'un nouvel Art, il n'est guere moins essentiel d'apprendre ce qu'il faut éviter,

P R E F A C E.

que ce qu'il faut pratiquer ; & c'est ce qu'on enseigne, lorsqu'on raconte naïvement tous les differents chemins par où on a passé pour arriver au but ; rien n'empêche que de ce but, on ne revienne ensuite sur ses pas en ligne plus droite. Enfin dès qu'il s'agit de recherches nouvelles, de découvertes, on doit mettre le Lecteur à portée de juger si on a tenté tout ce qui demandoit à l'être, lui épargner les essais inutiles, mais lui laisser aussi entrevoir ce qui peut être essayé de plus, le mettre même sur la voye de faire de nouveaux progrès. Après tout le Public veut aujourd'hui des choses ; s'il est content pour le fond de ce que nous lui présentons, nous pouvons esperer qu'il sera indulgent pour la forme sous laquelle nous le lui avons présenté.

Si on ne veut prendre qu'une idée grossiere de nos Arts de convertir le fer en acier, & d'adoucir le fer fondu, on trouvera sans doute dans ces Memoires des details ennuyeux. Je ne sçai, par exemple, si dans cette disposition on pourra soutenir la lecture du IV. Memoire, qui traite des fourneaux dont on doit faire usage, & même je ne conseille pas de l'éprouver. Nous avons eu principalement en vûe ceux qui auront envie de mettre la main à l'œuvre, & on ne sçauroit croire, si on n'a tenté d'operer, combien de difficultés se presentent dans l'execution des choses les plus simples ; & l'embarras que peuvent donner des difficultés en apparence très-petites. Peut-être :

P R E F A C E.

que l'envie de les lever, & d'être clair, m'aura fait trop grossir ce Volume : la longueur des ouvrages qui conduisent à mettre la main à l'œuvre, ne doit pas néanmoins se mesurer entièrement par le temps qu'il faut à les parcourir ; celui qu'ils épargnent pendant l'exécution, doit être mis en ligne de compte. Des ouvrages de cette nature ne sont pas de ceux où l'on doit laisser à deviner ; où l'on doit craindre de présenter des idées trop développées. Les Lecteurs à qui ils sont le plus nécessaires, n'exigent nullement qu'on donne matière à leur pénétration de s'exercer, ils demandent que les procédés soient nettement & amplement expliqués.

Mais aussi les raisonnemens physiques pourront à leur tour paroître de surcroît à ceux qui ne veulent apprendre que des pratiques : qu'ils prennent garde pourtant que ces raisonnemens établissent des principes qui bien entendus mettront en état de lever les difficultés que nous n'aurons pas assez éclaircies, ni même prévûes. Si on fait quelque cas des découvertes qui seront rapportées, qu'on observe que c'est à ces mêmes raisonnemens à qui elles sont dûes, & qu'ils peuvent donner des ouvertures pour les porter plus loin ; qu'on ne les regarde donc pas comme n'ayant pour objet qu'une simple curiosité physique. Souvent on hésite trop peu à partager les connoissances en curieuses & en utiles ; cette division n'est pas aussi aisée à faire & aussi sûre qu'on pense ;

P R E F A C E.

surtout en cette matiere. L'utile bien considéré a toujours du curieux, & il est rare que le curieux bien suivi ne mène pas à l'utile.

Je conviendrai pourtant, & comment n'en conviendrois-je pas? que la plupart des observations & des reflexions de ces Memoires ne doivent pas instruire le commun des Ouvriers; elles ne sont presque que pour ceux qui sont capables de conduire des entreprises, qui peuvent faire agir les Ouvriers, comme les Ouvriers font agir leurs outils; en un mot il ne faut pas que tout le monde fasse de l'acier, & des ouvrages de fer fondu, mais il faut mettre en état d'en faire des établissemens ceux qui sont capables de les suivre, & nous osons nous promettre que nos Memoires suffiront pour cela. Nous l'osons même d'autant plus hardiment, que sur les lectures que nous avons faites de quelques-uns de ces Memoires dans nos Assemblées publiques de l'Academie, & sur les éclaircissements que nous avons donnés à ceux qui nous les ont demandés, il y a déjà quelques établissemens commencés dans le Royaume; ces Memoires devenus publics en augmenteront apparemment le nombre.

Mais quelque vite que se fassent ces nouveaux établissemens, ce sera toujours lentement au gré de l'impatience naturelle à la Nation. Dès que j'eus lû, dans des assemblées publiques, les memoires qui donnent les principes de nos Arts, on eût voulu trouver partout des aciers fins du Royaume

P R E F A C E.

à choisir ; on eût voulu que toutes les Boutiques eussent été parées d'ouvrages de fer fondu les plus finis. On ne marche pas pourtant à si grands pas dans l'exécution de ce qui demande certains arrangements, de ce qui demande qu'on réunisse un certain nombre d'Ouvriers, qu'on les instruisse ; quelque simple que soit une profession, on ne sauroit les y rendre habiles en un jour. Pour faire des ouvrages de fer fondu, il faut commencer par en faire faire des modèles, & ces modèles tiennent du temps à finir, & engagent à des dépenses assez considérables.

Des reproches tout opposés & auxquels je me trouve flatté d'avoir à répondre, sont ceux qui me furent faits après les Assemblées de l'Académie que je viens de citer ; il y eût gens qui trouverent étrange que j'eusse publié des secrets, qui ne devoient pas être révélés ; d'autres auroient voulu qu'ils eussent été confiés à des Compagnies qui en auroient fait usage, & qui travaillant pour leur utilité propre, auroient aussi travaillé pour le bien général du Royaume. Les sentiments que suppose la première façon de penser, ne sont pas assez nobles, pour qu'on puisse même se glorifier d'en avoir de directement contraires ; ne sont-ils pas même contre l'équité naturelle ? est-il bien sûr que nos découvertes soient si fort à nous, que le Public n'y ait pas droit, qu'elles ne lui appartiennent pas en quelque sorte ? nous devons tous, c'est notre premier devoir, concourir au bien gé-

P R E F A C E.

neral de la Societé; qui y manque, quand il peut y contribuer de quelque chose, & qui y manque, quand il ne lui en coûteroit que de parler, manque à un devoir essentiel, & dans les circonstances les plus odieuses. Ce principe étant certain, restera-t-il bien des circonstances, où nous soïons absolument Maîtres de nos découvertes ?

Il est vrai qu'on se plaint depuis long-temps du peu de retour du Public, de ce qu'il ne recompense pas même de ses éloges, ce qui lui est une fois connu ; un secret tant qu'il est caché est regardé comme merveilleux, est-il divulgué, on dit n'est-ce que cela : on cherche à montrer qu'on le sçavoit auparavant, les plus legeres traces, les moindres ressemblances en sont prises pour des preuves. C'est ce qui a fourni pretexte à divers Sçavans de se réserver des connoissances ; & à d'autres d'envelopper celles qu'ils sembloient communiquer de façon à faire acheter cher le plaisir de les acquérir. Quand ces plaintes seroient fondées, l'injustice du Public supposée aussi certaine, & aussi generale, que quelques Auteurs le pretendent, en seroit-on autorisé à se réserver ce qui peut lui être utile ? Le Medecin seroit-il en droit de refuser du secours dans un danger pressant à des malades dont il n'auroit aucune reconnoissance à attendre, & dont même l'ingratitude lui seroit connue ? Les avantages de l'esprit interessent-ils moins que ceux du corps ? Les connoissances justement appretiées, ne sont-elles pas le bien le plus

P R E F A C E.

plus réel ? Je dirai même plus, c'est que ne publier pas ses recherches aussi clairement qu'on le peut, n'en montrer qu'une partie, & vouloir faire deviner le reste, c'est à mon sens se rendre responsable du temps qu'on fait perdre à des Lecteurs. Je voudrois que les Hommes n'admirassent point ceux, qui semblent avoir plus cherché à se faire admirer qu'à être utiles.

J'avouërai pourtant, je veux bien même qu'on pense que je cherche à l'avouer, qu'il est juste de récompenser les Travaux de ceux qui ont produit des découvertes avantageuses; mais le Public ne sçauroit leur devoir que des éloges; & ce n'est pas la moins flatteuse des récompenses, pour qui est touché de la véritable gloire: c'est à ceux qui tiennent les Rennes du Gouvernement à en dispenser d'une autre nature. Mais y a-t-il jamais eu dans le Royaume des circonstances, où on ait eu autant lieu d'espérer que les recherches qui ont le bien general pour objet, seroient soutenues par des récompenses de cette dernière espece. Je dois craindre de voir comparer avec mes Travaux celles par lesquelles Son Altesse Royale a bien voulu les encourager; puis-je oser moi-même donner occasion de le faire en publiant jusques où elles ont été? mais la reconnoissance m'y force, & l'interêt du Public exige que je lui apprenne ce que peuvent attendre ceux qui sont capables de travailler avec plus de succès. A peine eus-je fait à l'Academie la lecture du premier Memoire

P R E F A C E.

sur l'acier , que Monseigneur le Duc d'Orleans voulût que j'eusse de nouveaux moyens de pousser mes recherches ; cette lecture fut suivie de dons considérables par eux-mêmes , mais beaucoup plus encore par la bonté , j'oserais le dire , par l'empressement avec lequel il s'est intéressé à les rendre solides & durables. Afin même qu'ils fussent pour toujours à l'avantage des Sciences , il a songé à les faire passer après moi à l'Academie , pour tenir lieu d'une partie des fonds nécessaires aux glorieux , & utiles Travaux de cette Compagnie *. Je n'ai point à craindre qu'on soupçonne que c'est la reconnoissance qui me dicte que les Sciences peuvent tout se promettre d'un Prince à qui l'envie même ne sçauroit disputer d'avoir pour elles l'amour le plus vif , & le plus éclairé. Les nouvelles découvertes , les nouvelles inventions trouvent toujours un accès facile auprès de lui , & ne l'approchent guere sans que ses vues contribuent à les perfectionner. Pour faciliter encore cet accès , aux sciences naturellement timides , il a chargé de les lui produire celui qu'elles eussent choisi elles-mêmes , cet illustre Abbé * plus zélé , & plus entendu à faire valoir les bons Ouvrages , que ne le sont leurs propres Auteurs.

Tout semble assurer dans le Royaume aux

* Par Arrêt, & Lettres-Patentes Sa Majesté m'a gratifié d'une Pension de douze mille livres sur la Ferme des Postes , qui , par le même Arrêt , & les mêmes Lettres-Patentes doit passer , après ma mort à l'Academie Royale des Sciences.

* M. l'Abbé Bignon.

P R E F A C E.

Sciences, & surtout aux sciences utiles, l'état le plus florissant; Sa Majesté montre déjà pour elle un goût au-dessus de son âge, & quels progrès ne doit pas faire ce goût cultivé par des Leçons, qui seules seroient capables de le faire naître*.

Mais pour reprendre la seconde objection dont j'ai parlé, il s'est trouvé gens qui n'ont pas approuvé que les découvertes qui font l'objet de ces Memoires eussent été rendues publiques; ils auroient voulu qu'elles eussent été conservées au Royaume; que nous eussions imité les exemples de mystère, peu louables à mon sens, que nous donnent quelques-uns de nos Voisins. Nous nous devons premièrement à notre Patrie; mais nous nous devons aussi au reste du monde; ceux qui travaillent pour perfectionner les Sciences & les Arts, doivent même se regarder comme les Citoyens du monde entier. Après tout si les recherches de ces Memoires ont les succès qui me les ont fait tenter, il n'est point de Pays qui en puisse tirer autant d'avantages que le Royaume; il pourra à l'avenir se passer des aciers fins, dont il se fournit à présent dans les Pays étrangers. Et cela pourtant en supposant qu'on ne negligera pas, comme nous ne faisons que trop souvent, de tirer parti de ce qui se trouve parmi nous; en supposant qu'on n'abandonnera pas des établissemens aussi légèrement qu'on les aura entrepris.

A l'égard des ouvrages de fer fondu, ils eussent pû être, pendant quelque temps, particuliers à la

* Celles de M. l'Evêque de Freus.

P R E F A C E.

France, & ils lui feront communs avec les autres Pays, où l'on en voudra entreprendre. L'abondance de nos mines de fer, les endroits favorables où elles sont situées nous donnent pour ce travail des facilités qu'on trouve en peu d'endroits. Mais nous avons encore pour ce genre d'ouvrages un avantage qui doit les faire rechercher dans les Pays, où on auroit des facilités égales, ou plus grandes pour le reste. Le principal mérite de ces ouvrages consistera dans les ornements; il ne faut pas prendre la peine de mouler des ouvrages simples, qui ne demandent pas à être façonnés; les autres Pays nous accordent assés ce que nous appelons le goût, qui fait le grand mérite de tout ce qui est du genre d'ornements; nous aurons plus d'art de les varier avec une certaine entente, qu'on n'en aura ailleurs; nous sommes les Maîtres en tout ce qui est nouveautés de modes; c'est chés nous qu'on viendra se fournir de celles-ci, comme de celles de bien d'autres especes. Peut-être même n'est-il pas mal qu'on travaille dans les autres Pays au fer fondu, pour nous engager à y travailler avec plus de soin. Nous aimons assés à faire ce que nous voïons faire ailleurs; souvent nous aimons mieux ajouter aux inventions des autres, que faire valoir les nôtres.

Il y avoit deux partis à choisir pour rendre ces Arts, & sur tout celui d'adoucir le fer fondu, utiles au Royaume, ou d'accorder des Privileges à des Compagnies qui, comme celle des glaces,

P R E F A C E.

eussent eu seules le droit de faire de ces sortes d'ouvrages, ou de donner une liberté generale à tous les Ouvriers d'y travailler. Le premier parti eût plutôt fait paroître des Manufactures considerables, & le Public eût plutôt à choisir des ouvrages de ce genre. Dès que la liberté est generale, les Artisans se chargeront de ce travail; mais leur peu de fortune ne leur permettant pas de faire les avances necessaires pour fournir à une grande quantité d'ouvrages, & d'ouvrages très-variés, parce que les premiers modelles coûtent cher, les ouvrages s'en multiplieront plus lentement; les Compagnies qui pourroient entreprendre de plus grands établissemens, n'oseront peut-être les risquer dans la crainte de voir bientôt leurs ouvrages copiés par tous les petits ouvriers. Mais outre qu'un amour de la liberté porte à souhaiter qu'il soit permis aux hommes de faire ce sur quoi ils ont naturellement autant de droit que les autres, c'est que si les établissemens se font de la sorte plus lentement d'une maniere moins brillante, ils se feront d'une maniere plus utile au Public. Comment s'assurer d'une société qui ne soit pas trop avide de gain? C'est le grand inconvenient des Privileges, qui d'ailleurs lient les mains à ceux qui n'en ont pas obtenu de pareils, & qui auroient été en état d'en faire de meilleurs usages; qui auroient eu plus de talens pour perfectionner les nouvelles inventions. Ce n'est pas que les particuliers n'aient pour le profit une ardeur égale à celle de Compagnies; mais la crainte que leurs voi-

P R E F A C E.

fers ne vendent plus qu'eux, l'envie d'attirer le Marchand , leur fait donner à meilleur marché. J'ai eu la preuve de cette nécessité de multiplier le débit ; j'avois permis à quelques Ouvriers qui avoient travaillé sous mes yeux dans le Laboratoire de l'Academie , de faire des ouvrages de fer fondu ; malgré moi , ils vouloient les tenir à un prix excessif, quand ils offroient pour 200 liv. en fer fondu ce qui en fer forgé en eût coûté 1200 à 1500 , ils croyoient faire asés, quoiqu'ils eussent dû le donner pour quatre à cinq pistoles. Il n'y a donc d'autre maniere de rendre les choses à bon marché , que de mettre les Ouvriers dans la nécessité de débiter à l'envi.

Au reste, si on ne trouve point ici tous les éclaircissements que j'eusse souhaité donner , & que peut-être j'aurois pû donner s'ils ne m'eussent pas échappé , j'y supplérai autant qu'il me sera possible. Qu'on me propose les difficultés par lesquelles on aura été arrêté, & on me trouvera toujours prêt à tâcher de les lever.

Nous avons été obligés d'employer asés souvent quelques termes qui pourront n'être pas familiers à tous ceux qui liront ces Memoires ; ordinairement nous les avons défini ; mais comme on oublie quelquefois ces définitions , qu'on est embarrassé où les retrouver , pour épargner alors la peine d'aller consulter des Dictionnaires , nous avons ajouté à la fin de ce volume l'explication des termes que nous avons crû capables de faire quelque peine.

EXTRAIT DES REGISTRES DE L'ACADEMIE ROYALE
des Sciences, des Années 1720, 1721, & 1722.

M^{rs}. DE REAUMUR ayant lû dans le cours des années 1720.
1721. & 1722. differents Memoires sur l'Art de convertir le
fer en acier, & sur l'Art de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis
que de fer forgé. La Compagnie a jugé qu'ils meritoient d'être im-
primés. En foi de quoi j'ai signé le present certificat A Paris ce 28.
Août 1722. FONTENELLE, Secret. Perp. de l'Acad. Royale
des Sciences.

PRIVILEGE DU ROY.

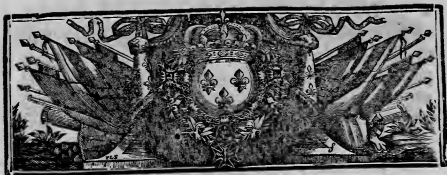
LOUIS par la grace de Dieu Roi de France & de Navarre : A
Nos amez & feaux Conseillers les Gens tenans nos Cours de Par-
lement, Maîtres des Requêtes ordinaires de nôtre Hôtel, Grand Con-
seil, Prevôt de Paris, Baillifs, Seneschaux, leurs Lieutenans Civils, &
autres nos Justiciers qu'il appartiendra : SALUT. Nôtre amé & feal
le fleur Jean Paul Bignon, Conseiller ordinaire en nôtre Conseil
d'Etat, & President de nôtre Academie Royale des Sciences, Nous
ayant fait très-humblement exposer, que depuis qu'il Nous a plu
donner à nôtre dite Academie, par un Reglement nouveau de nouvel-
les marques de notre affection, Elle s'est appliquée avec plus de soin
à cultiver les Sciences qui sont l'objet de ses exercices ; en sorte qu'ou-
tre les Ouvrages qu'Elle a déjà donnez au Public, Elle seroit en état
d'en produire encore d'autres, s'il Nous plaisoit lui accorder de
nouvelles Lettres de Privilege, attendu que celles que Nous lui
avons accordées en datte du 6. Avril 1699. n'ayant point de temps
limité, ont été déclarées nulles par un Arrêt de nôtre Conseil d'Etat
du treizième Août 1715. Et désirant donner au Sieur Exposant toutes
les facilitez & les moyens qui peuvent contribuer à rendre utiles
au Public les travaux de notredite Academie Royale des Sciences ;
Nous avons permis & permettons par ces Presentes à ladite Aca-
demie, de faire imprimer, vendre ou débiter dans tous les lieux de
nôtre obéissance, par tel Imprimeur qu'Elle voudra choisir, en telle
forme, marge, caractère, & autant de fois que bon lui semblera : Tou-
tes ses Recherches ou Observations journalieres, & Relations annuel-
les de tout ce qui aura été fait dans les Assemblées ; comme aussi les
Ouvrages, Mémoires ou Traitez de chacun des particuliers qui la
composent, & generalement tout ce que ladite Academie voudra faire
paraître sous son nom, après avoir fait examiner lesdits Ouvrages
& jugé qu'ils sont dignes de l'impression : & ce pendant le temps de
quinze années consecutives, à compter du jour de la datte desdites
Presentes. Faisons défenses à toutes sortes de personnes de quelque
qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étran-

gere dans aucun lieu de notre Royaume, comme aussi à tous Imprimeurs, Libraires, & autres, d'imprimer, faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire aucuns desdits Ouvrages imprimés par l'Imprimeur de ladite Academie, en tout ni en partie, par extrait ou autrement, sans le consentement par écrit de ladite Academie ou de ceux qui auront droit d'eux, à peine contre chacun des contrevenans de confiscation des Exemplaires contrefaits au profit de sondit Imprimeur, de trois mille livres d'amende, dont un tiers à l'Hôtel Dieu de Paris, un tiers audit Imprimeur, & l'autre tiers au Dénonciateur, & de tous dépens, dommages & intérêts: à condition que ces Presentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, & ce dans trois mois de ce jour: Que l'impression de chacun desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, & ce en bon papier & en beaux caractères, conformément aux Reglemens de la Librairie: & qu'avant que de les exposer en vente il en sera mis de chacun deux Exemplaires dans notre Bibliothèque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notre très-cher & feal Chevalier, Chancelier de France le sieur d'Aguesseau, le tout à peine de nullité des Presentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ladite Academie ou ses ayant cause pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie desdites Presentes qui sera imprimée au commencement ou à la fin desdits Ouvrages soit tenue pour dûment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amez & feaux Conseillers & Secretaires foi soit ajoutée comme à l'original: Commandons au premier notre Huissier ou Sergent de faire pour l'exécution d'icelles tous actes requis & nécessaires sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires: CAR tel est notre plaisir. DONNÉ à Paris le vingt-neuf jour du mois de Juin l'an de grace mil sept cens dix-sept, & de notre Regne le deuxième. Par le Roi en son Conseil, *Signé* FOUQUET.

Il est ordonné par l'Edit du Roi du mois d'Août 1686 & Arrêts de son Conseil, que les Livres dont l'impression se permet par Privilège de Sa Majesté, ne pourront être vendus que par un Libraire & Imprimeur.

Registré le présent Privilège, ensemble la cession écrite ci-dessus sur le Registre IV. de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, page 75. Numéro 105. conformément aux Reglemens, & notamment à l'Arrêt du Conseil du 13. Août 1703. A Paris le 3. Juillet 1717. Signé, DE LAULNE, Syndic.

Nous soussigné President de l'Academie Royale des Sciences, déclarons avoir en tant que besoin cédé le présent Privilège à ladite Academie, pour par elle & les differens Academiciens qui la composent en jouir pendant le temps & suivant les conditions y portées. Fait à Paris le premier juillet mil sept cens dix-sept. *Signé, J. P. BIGNON.*



L'ART DE CONVERTIR LE FER FORGÉ EN ACIER.

PREMIER MEMOIRE.

Où, après avoir donné une idée generale des differentes manieres de faire l'Acier, on examine quelles sont les matieres propres à convertir le Fer forgé en Acier, & quels mélanges on doit faire de ces matieres pour le changer dans l'Acier le plus fin, & le meilleur.



ES Mines de Fer sont des composés de parties ferrugineuses, de parties terreuses & de parties sulfureuses & salines, nous le prouverons assés ailleurs, pour croire être en droit de le supposer à present. L'art a trouvé le moyen de séparer les parties métalliques

2 L'ART DE CONVERTIR

ou ferrugineuses des matieres étrangères avec lesquelles elles sont mêlées , de réunir les parties dispersées , d'en faire des masses , qu'il rend ensuite propres à tant d'usages differens. La fusion est le premier moyen employé pour y parvenir.

Les mines fonduës forment deux fluides de differente pesanteur , celui qui est composé des parties métalliques prend le dessous , celui qui est fait des matieres étrangères le surnage , & n'est qu'une sorte de verre. Dans le plus grand nombre des fourneaux où l'on fond les mines de fer , quand une certaine quantité de mine a été mise en fusion , on donne écoulement au fluide métallique , on le conduit ordinairement en des moules grossiers , où il prend la figure d'un long prisme , à base triangulaire , qui pèse quelquefois jusques à deux milliers , c'est ce qu'on nomme une Gueuse. On peut faire prendre toute autre figure à cette matiere , les contrecœurs de cheminée , les chaudrons , marmittes & pots de fer , &c. ne sont que le fer venu de cette premiere fusion. C'est un fer impur qui n'est pas encore assez séparé de toutes les matieres étrangères avec lesquelles il étoit confondu dans la mine ; on le nomme en cet état Fonte de fer ou simplement Fonte ; il est beaucoup plus dur & plus cassant que le fer forgé , il ne sçauroit soutenir le marteau ni à chaud ni à froid.

Pour rendre la fonte , le fer fondu , un fer forgeable , on l'affine , c'est-à-dire , qu'on la fond une seconde fois ; on la porte ensuite sous un gros

LE FER FORGE' EN ACIER. 3

marteau mû par l'eau; qui pese au moins un millier, elle en reçoit de terribles coups; on la retire pour la chauffer encore presque fondante, & la porter encore sous le marteau & tout cela à diverses reprises; cette matiere cassante, à force d'avoir été chauffée & battue, est changée en des barres forgeables. Entre les barres venues de la même fonte, les unes peuvent être fer, & les autres acier, si on a suivi des procedés differens pour affiner différentes portions de cette même fonte. Nous ne nous sommes pas proposés d'expliquer ici en quoy ces procedés different, nous le ferons très au long dans l'Histoire des Arts, à present nous voulons seulement donner une idée generale des différentes manieres dont on fait l'acier: elles se réduisent à trois.

La premiere & la plus commune, c'est de faire l'acier avec la fonte des Gueuses, ou de la fonte qui comme celle des Gueuses a coulé hors du fourneau. On fait de l'acier avec ces sortes de fontes dans plusieurs Provinces du Royaume, dans la Champagne, le Nivernois, la Franche-Comté, le Dauphiné, le Limousin, le Perigord, la Normandie, &c. Souvent ce sont des aciers grossiers, on les appelle en quelques endroits des aciers à terre, parce qu'ils ne sont guere propres que pour des outils à remuer la terre. Quand pourtant on travaille ces fontes, avec certaines précautions, on en tire des aciers fins. A Rives & à Vienne en Dauphiné on en fait des aciers très-passables, propres à bien des ouvrages de Couëtellierie. Il en vient d'alsés

4 L'ART DE CONVERTIR

fins des fontes du Limousin. Dans les païs étrangers il y a des endroits où l'on est attentif à affiner les fontes à propos, & où on réussit à en faire de bons aciers.

La seconde maniere de faire de l'acier, est encore de le faire de fonte, mais d'une fonte qui n'a jamais coulé hors du fourneau. Il n'est point d'acier qui doive moins à l'art ; s'il y a des mines qui puissent être appellées mines d'acier, ce sont celles qui fournissent celui-ci, car par des procedés qui sont précisément les mêmes, on en tire & du fer & de l'acier ; une certaine portion de la fonte venue de ces mines donne du fer, & une autre portion donne de l'acier. Aux environs de Foderberg en Stirie, il y a quantité de fourneaux où l'on fond de ces sortes de mines ; on laisse figer dans les fourneaux même la fonte sans l'avoir fait couler. Le Royaume nous fournit aussi des exemples de cette façon de faire l'acier, mais dans des fourneaux beaucoup plus petits que ceux de l'Allemagne. C'est dans le Roussillon, & particulièrement dans le Païs de Foix, où l'on a des mines, à la fonte desquelles on ne donne point d'écoulement. Après avoir fondu la mine on réduit la fonte qui en est venue à prendre de la consistance ; elle forme une masse qui se moule sur le propre fond du fourneau, sa figure est celle d'une espece de gâteau ou d'une bouille aplatie ; on la nomme un Masset. Quand on a retiré du fourneau ce masset ou cette masse, on la coupe en cinq ou six parties, selon des lignes paralleles à un de ses grands diametres ; on chauffe & forge ensuite cha-

LE FER FORGE' EN ACIER. 5

cun de ces morceaux jusqu'à ce qu'on les ait étendu en barres. Une partie de chaque barre se trouve acier, & le reste fer : ce qui est de singulier, & dont on trouvera dans la suite une raison assez probable, c'est que la partie de chaque barre qui est acier, vient principalement de la fonte, qui étoit aux bords ou près des bords du masser, le reste donne du fer : aussi ce qu'on tire d'acier de ces fontes n'est qu'un cinquième, ou un quart de ce qu'on en tire en fer. Ces aciers, que nous donnent nos mines du Royaume presque naturellement, sont grossiers, peut-être est-ce autant notre faute que celles des mines ; ceux que donnent les mines des environs de Foderberg par des procédés équivalens pour le fond, sont fins.

Ces deux manieres generales de faire l'acier, savoir, ou avec des fontes qui ont coulé hors du fourneau, ou avec des fontes qui n'ont point coulé, pourroient être subdivisées en bien des manieres particulières, si nous rapportions toutes les différentes pratiques des ouvriers de differens païs.

Enfin la troisième maniere de faire l'acier, c'est de convertir en acier des barres de fer forgé, de fer tel qu'on l'employe à nos usages ordinaires. Les aciers venus de fer forgé, sont des aciers-fins, & on est en quelque sorte maître de les rendre fins & durs au point où on les veut ; on peut toujours empêcher qu'il n'y reste ni veine, ni grain de fer. Il n'en est pas de même de ceux qui viennent immédiatement des fontes, nos ouvriers

6 L'ART DE CONVERTIR

ne sçavent que trop qu'il est ordinaire de trouver les aciers qu'on leur apporte d'Allemagne fourrés de fer ; on les leur vend dans des barils , ce défaut est cause qu'une grande partie de l'acier de chaque baril est acheté en pur perte pour eux. Nous ne nous arrêterons pas à faire valoir les aciers de fer forgé , à les élever au dessus des autres , à comparer les qualités des différens aciers , il n'en est pas temps encore , il suffit qu'on sçache que dans quantité de païs tous les aciers fins qu'on employe sont faits de fer forgé. L'Angleterre n'en met point d'autres en œuvre pour les meilleurs ouvrages , on y fait de cette sorte d'acier , quoy qu'on soit obligé de tirer de Suede les fers qui y sont propres. En Italie , & en divers Cantons de l'Allemagne on fait de même de l'acier de fer forgé. Enfin s'il y a bien des païs où l'on ne convertit pas le fer en acier , il n'en est guere , où on n'ait tenté de le faire , & cela apparemment parce qu'on a toujours regardé les aciers de fer forgé comme les meilleurs , & comme ceux de la qualité & de la finesse desquels il est le plus aisé de s'assurer.

Le Royaume , qui a des aciers communs à revendre , manque de ceux-ci : il lui coûte tous les ans des sommes considérables pour se fournir d'aciers fins , aussi n'est-il rien qu'on ait tenté plus de fois que d'établir des manufactures pour convertir nos fers en acier ; C'est un art qui est conservé mystérieusement dans les païs où on le pratique.

La Cour a cependant été accablée , & sur tout

LE FER FORGE' EN ACIER 7

depuis trois ou quatre ans de François & d'Etrangers de tous païs, qui dans l'esperance de faire fortune se sont présentés comme ayant le veritable secret de convertir le fer en acier. Mais comme on n'a vu aucuns fruits de leurs travaux, & des graces qui ont été accordées à plusieurs, on a presque regardé comme des chercheurs de pierre philosophale ceux qui promettoient de changer les fers du Royaume en aciers excellents. Le public tient pour impossible ce qui a été tenté inutilement un grand nombre de fois; il ne veut point, ou n'est point à portée d'examiner ce qui a fait échouer les tentatives.

Malgré les préjugés établis contre la conversion de nos fers en acier, il me parut qu'elle étoit trop importante pour qu'on ne cherchât pas au moins une bonne fois à quoy il falloit s'en tenir; je vois d'ailleurs avec regret que le Royaume, quoyque plus riche peut-être qu'aucun païs du monde en mines de fer, employoit chaque année de si grandes sommes en acier, & en outils d'acier, qu'il tire des païs étrangers.

La possibilité de la conversion du fer en acier n'avoit pas besoin d'être prouvée, elle étoit démontrée de reste par le succès avec lequel on y travaille en Angleterre, en Allemagne, en Italie &c. Toute la question étoit donc de sçavoir si avec le secret pratiqué dans les païs étrangers, nous pourrions de nos fers, faire des aciers qui égalassent ceux qu'ils font des leurs; où après tout, nôtre pis aller devoit

8 L'ART DE CONVERTIR

être de travailler en France à convertir en acier des fers étrangers, comme on y travaille en Angleterre, où on fait d'excellents aciers avec du fer de Suede, qui à Paris ne nous coûte, en certains temps, guere plus que les fers du Royaume; & qui dans nos Ports est quelquefois à aussi bon marché que celui qui vient de nos mines. Mais l'examen que j'avois fait des fers du Royaume, & que j'avois eu occasion de faire à fond, lorsque j'ay décrit nos differents fourneaux & forges à fer, & tous les arts qui mettent en œuvre ce métal, cet examen dis-je, m'avoit fait connoître que nous avions des fers de tant de qualités différentes qu'il me paroïssoit hors de doute que nous en avions de propres à devenir d'excellent acier, de quelque nature que l'acier le demandât. Je sçavois même qu'il y avoit eu en Bearn une ou deux Fabriques où une personne de condition avoit fait travailler à convertir des fers de cette Province en des aciers que j'avois trouvés bons, quoyque un peu inferieurs à ceux d'Allemagne.

Je supposai donc & je crus pouvoir supposer le fer propre à être converti en acier tout trouvé, qu'il ne s'agissoit plus que d'avoir les procedés convenables pour le convertir, sauf ensuite à les éprouver sur toutes nos especes de fer. Mais ces procedés sont un secret, gardé comme tel par ceux qui les pratiquent. Les livres à secrets ne manquent pas de donner celui-ci, pour un, même qu'on y cherche, on y en trouve à choisir, tous éprouvés & surs

LE FER FORGE' EN ACIER 9

furs pour qui ne les essaye pas. Le nombre de ces prétendus secrets, rapportés par différents Auteurs, est si grand que quand le véritable secret en seroit un, on auroit aussi-tôt fait de le chercher de nouveau que d'entreprendre de le demesler d'avec les faux secrets parmi lesquels il est confondu:

Ce qui m'a plus aidé dans cette recherche, que les livres, c'est une réflexion que j'ai faite sur des procédés fort en usage parmi les Ouvriers qui ont besoin de donner une grande dureté à des ouvrages de fer. Ceux qui font les grosses limes n'y emploient que du fer, ils les rendent néanmoins aussi dures que les limes d'acier. Les Arbusiers font prendre une dureté pareille à quantité de pieces de fusil, composées de pur fer, & cela par le moyen des trempes en paquet; c'est-à-dire, comme nous l'expliquerons ailleurs plus au long, qu'après, que ces Ouvriers ont donné à leurs pieces de fer une figure convenable, ils les renferment dans des boîtes de tole avec un mélange de différentes drogues; ils enduisent ces boîtes de terre & les mettent ensuite dans un fourneau, où ils leurs donnent un feu plus ou moins long selon la grosseur des pieces renfermées. Après avoir retiré ces pieces du feu ils les trempent toutes rouges dans l'eau froide, elles s'y endureissent comme l'acier. Or pourquoy cette opération rend-elle le fer capable de prendre une pareille dureté? Quand j'ai cherché à le découvrir, j'ai reconnu que c'est qu'elle convertit en acier les premières couches du fer. Alors les limes de fer

agissent comme celles d'acier, leurs dents sont d'acier comme celles des autres. Des experiences inutiles à rapporter ici m'ont pleinement convaincu du changement de cette partie du fer en acier, auquel les ouvriers ne prennent pas garde; ils se fervent d'outils réellement d'acier, & ils les croient de fer.

La conséquence que j'ai tirée de cette observation, c'est que les matieres employées pour les trempes en paquet, pourroient faire la base des compositions propres à convertir le fer en acier; que si ceux, qui trempent en paquet, donnoient un feu plus long à leurs pieces qu'ils les rendroient acier jusqu'au centre; cela seroit fort inutile aux outils dont nous avons parlé, qui n'ont besoin de dureté que dans leurs premieres couches; mais la remarque m'étoit essentielle à moy qui cherchois à rendre des barres de fer entierement acier.

Les bases des compositions employées pour les trempes en paquet sont des charbons pillés, des cendres, des fuyes, qu'on assaisonne de sels & qu'on mêle avec diverses matieres, soit vegetales, soit animales, soit minerales. Les secrets enseignés pour convertir le fer en acier reviennent assés souvent, pour le fond, à ces compositions; mais chaque Ouvrier a ses ingrediens favoris qu'il y fait entrer; il a ses doses particulieres dont il fait mystere. Après tout quand chaque Ouvrier d'Allemagne, d'Angleterre, ou des autres pays m'eussent communiqué leurs compositions, j'en serois toujours venu

LE FER FORGE' EN ACIER 11
aux essais que je rapporterai dans la suite, ils ne m'en eussent épargné aucun; indépendamment de l'interêt du Royaume, la matiere étoit assés importante en soy pour meriter d'être examinée à fond. Il falloit s'assûrer si les ingrédiens qu'on employe sont les meilleurs, si on ne pouvoit leurs en substituer d'autres dont l'effet fût plus sur, ou plus prompt; s'assûrer, par exemple, si certains sels meritent la préférence dont ils sont en possession; si on n'en néglige point qui seroient employés avec plus de succès; si on ne fait point entrer dans ces compositions des matières qu'on en devoit écarter comme nuisibles, ou au moins comme inutiles. Il falloit parvenir à déterminer les justes doses de chaque matiere, chercher s'il n'y avoit pas moyen de parvenir à faire en acier quelque chose de mieux que ce qu'on fait aujourd'huy; voir jusques où la perfection de l'acier pourroit être portée. Enfin il falloit réduire en regle la maniere d'opérer la conversion du fer en acier, en faire un art connu, aisé à exercer par les ouvriers. Mais c'est un art qu'il falloit inventer avant que de le décrire; on n'y pouvoit parvenir que par un nombre d'expériences qui devoit sembler prodigieux, j'ai osé les tenter, & je serai très-content du travail où elles m'ont engagé, si le public en retire quelque avantage.

Pour rapporter les expériences que j'ai faites, & les observations qu'elles m'ont fournies dans un ordre propre à instruire, je les distriburai en diffé-

12 L'ART DE CONVERTIR

rents mémoires qui seront autant de parties de notre art. La première partie, où ce premier mémoire sera uniquement employé à faire connoître la route que j'ai suivie pour découvrir les compositions les plus propres à convertir le fer en acier ; il apprendra ensuite quels sont ces compositions , il révélera la partie mystérieuse de notre art. Le second mémoire ne contiendra que des observations générales qui conduisent à régler le feu à propos , & nécessaires pour préparer au troisième & quatrième mémoires dont l'un enseignera à faire les essais d'acier en petit , & l'autre expliquera la construction du fourneau & ce qui y a rapport. Dans le cinquième nous tâcherons de caractériser les fers de différentes espèces par rapport aux dispositions qu'ils ont pour être convertis en acier. Nous donnerons dans le sixième des observations sur les changemens qui se font faits dans le fer pendant sa transformation , & un résultat de ce qu'il en coûte pour l'opérer. Nous profiterons des connoissances que ces observations nous auront données pour mieux établir le caractère qui distingue le fer de l'acier , qu'on ne l'a fait jusqu'ici ; nous tâcherons de le faire soit par la composition , soit par la décomposition de l'acier , soit par l'analogie qui se trouve entre les différentes manières de faire l'acier immédiatement avec les fontes , & celles de le faire avec le fer forgé. C'est à quoy seront destinés le septième , le huitième & le neuvième mémoires ; ils ren-

LE FER FORGE' EN ACIER 13
fermeront aussi des instructions qui ne seront pas
inutiles pour la pratique de notre art. Dans le
dixième nous ferons en sorte de donner des moyens
de juger des perfections des différens aciers, &
d'en faire la comparaison. Dans les derniers mé-
moires nous essayerons d'expliquer l'effet de la
trempe, nous examinerons les différentes sortes
de trempes & de recuits, & nous établirons sur
cette matiere, assez importante dans la pratique
des arts, le plus de regles qu'il nous sera possi-
ble. Mais venons à la premiere partie.

Nous nous sommes donc uniquement propo-
sés de rapporter dans ce premier mémoire les
expériences qui nous ont conduit au mélange, &
à la dose des matieres qui entrent dans les com-
positions qui nous ont paru les plus sûres pour
changer le fer en excellent acier; quoique ce soit
la partie secrette de notre art, ce n'est pas ce qu'il
a de plus interessant, ce n'est qu'un recit de ten-
tatives différentes, dont nous eussions volontiers
évitè l'étalage, si ce récit nous eût semblé moins
essentiel. Une grande partie des essais, que nous rap-
porterons, n'ont rien operé, nous n'avons pour-
tant pas crû qu'il fût moins nécessaire d'en faire
mention que de ceux qui ont le mieux réussi; ils
épargneront à d'autres la peine de les répéter, ou
au moins ils apprendront le succès qu'on en doit
attendre. Il est presque aussi important de sçavoir
les matieres & les doses des matieres qui sont à
rejetter, que de connoître celles qui doivent être

employées ; je pourrois bien décrire tout d'un coup les compositions qui m'ont paru les meilleures, & dire que je ne les donne pour telles, qu'après une infinité d'experiences ; mais pourquoy m'en croiroit-on , si je n'apprends , qu'elles sont les experiences que j'ay faites ? car enfin il n'y a que ces experiences réunies , qui puissent prouver que la préférence que nous donnerons à certaines compositions est fondée ; elles montreront la route que nous avons suivie, elles feront par conséquent voir, si nous avons tenté, tout ce qui pouvoit l'être avec quelque vraisemblance pour la perfection de l'acier , pour la porter jusques où elle peut aller. D'ailleurs si nous avons obmis des experiences que quelqu'un croiroit ne devoir pas être négligées, on les entreprendra avec d'autant plus d'assurance qu'il n'y aura encore rien de décidé contre leur succès.

Nous ne pouvons nous dispenser de commencer par donner une idée grossiere de la façon dont on employe les matieres necessaires pour operer la conversion du fer en acier. Communément on a des caisses ou de grands creusets quarrés dans lesquels on renferme les barres de fer qu'on veut changer en acier ; les uns font faire ces caisses ou creusets de roie ; les autres les font faire de fonte, & d'autres enfin n'employent que des creusets de terre ; au lieu de caisses quelques uns ont des fours construits exprès, où ils peuvent placer de longues barres. Quoyqu'il en soit, après

LE FER FORGE' EN ACIER 15
avoir coupé ces barres d'une longueur proportionnée à celle de la capacité où on les veut mettre, on les couche, on les arrange, par lits qu'on sépare les uns des autres par d'autres lits faits de la composition propre à les changer en acier. Les creusets étant remplis, on les couvre, on les lutte, & on leur donne un feu violent & plus ou moins long selon la construction du fourneau, selon la quantité & l'épaisseur du fer qu'on y renferme, c'est ce qui sera expliqué dans les autres mémoires ; ce que nous venons de dire suffit pour l'intelligence de celui-ci.

Il s'agissoit de faire des experiences qui découvriissent l'effet que produisent sur le fer différentes matieres séparément, ou mêlées ensemble en différentes proportions, qui envelopperoient ce fer pendant qu'il seroit chauffé par un feu d'une force, & d'une durée convenable : pour y parvenir je commençai par faire faire quantité de petits creusets de terre, quarrés, ou quarrés long. Tous les creusets d'une même fournée étoient égaux & semblables ; je renfermois dans chaque creuset des morceaux de fer de même qualité, égaux en poids & en toutes dimensions. Je leur donnois le feu le plus égal qu'il m'étoit possible ; j'entourois le fer de chaque creuset d'une matiere différente, ou d'un mélange de matieres différentes ; c'étoit donc uniquement à la difference des matieres qu'il falloit attribuer la difference des changemens faits dans le fer, puisque d'ailleurs tout le reste étoit égal.

16 L'ART DE CONVERTIR

J'ai souvent employé des creusets qui ne pouvoient contenir qu'une demi-livre ou même un quartenon de fer , avec la composition qui le devoit envelopper. Par-là j'avois la facilité d'expedier trente à quarante essais dans une seule fournée d'un assés petit fourneau. Si j'eusse voulu commencer par des experiences en grand , les fonds d'un puissant état eussent à peine pû suffire à toutes celles dont j'ai eu besoin. Aussi dirai-je en passant , que la plupart de ceux qui ont tenté de convertir les fers du Royaume en acier ont échoué pour avoir voulu commencer à travailler trop en grand ; il nous a paru que quelques uns avoient le fond du secret ; mais avant de sçavoir ce qu'il falloit y ajoûter ou y retrancher par rapport à la nature des fers ausquels ils devoient l'appliquer , ou par rapport à la construction des fourneaux dont ils étoient obligés de se servir , ils ont toujours voulu commencer par convertir à la fois une grande quantité de fer ; leurs premiers essais leurs coûtoient si cher , qu'avant qu'ils eussent pû parvenir à faire tous ceux qui étoient nécessaires pour rectifier les doses de leur composition, ils avoient épuisé leur petite fortune, & toutes les ressources qu'ils pouvoient tirer de ceux qui s'étoient associés avec eux.

Je commençai par essayer huit compositions différentes ; les trempes en paquet m'avoient donné l'idée de quelques unes , je leur en joignis d'autres que j'avois trouvé imprimées , & une que
M.

LE FER FORGE' EN ACIER 17

M. d'Angervilliers , attentif au bien du Royaume , nous avoit tiré d'Allemagne , d'où son Intendance de Strasbourg le met à portée. Le succès de cette première expérience fut au moins aussi heureux que je l'attendois ; les fers de tous mes creusets , après 59. heures de feu , furent plus d'à moitié changés en acier ; remis au feu une seconde fois , & pendant un pareil tems , ils le furent entièrement. A la vérité ils n'étoient pas des aciers tels que je les cherchois ; les uns étoient trop grossiers , d'autres n'étoient guère plus durs que le fer ; quelques-uns étoient fins & durs , mais ils ne pouvoient soutenir le marteau , il eût été impossible de les travailler. C'en étoit pourtant assez pour m'apprendre que j'étois sur les voyes , mais qu'il falloit démêler ce qui manquoit à quelques-unes de mes compositions , ce que d'autres avoient de trop ; enfin qu'il falloit les décomposer chacune , pour connoître l'effet de chacune de leurs matières , & que je viendrois ensuite à combiner ces différentes matières en différentes proportions.

Mais pour ne rien laisser en arrière , & remonter aussi loin qu'on pouvoit aller , je crus qu'il falloit commencer par rechercher si le fer qui a été chauffé long-tems , & violemment sans être exposé à l'action immédiate de la flamme , de cela seul n'acquiesoit pas les qualités de l'acier. Si la durée du feu seule n'avoit pas produit une partie des changemens que j'avois observé. Pour m'en éclaircir , je renfermai des morceaux de fer

dans divers creusets où je ne les entourai que de matieres insipides, ou presque insipides : les uns étoient enveloppés de terre à Potier, pareille à celle dont le creuset étoit fait ; d'autres l'étoient de chaux commune ; d'autres de plâtre ; d'autres de poudres d'os calcinés ; d'autres de différentes sortes de sable ; d'autres de cendres lessivées, & enfin d'autres de verre pillé. Tous ces essais m'apprirent que le feu n'étoit pas capable de convertir en acier un fer qui n'étoit environné que de matieres trop terreuses & presque insipides. Plusieurs de ces matieres ont pourtant produit des effets differens sur le fer, qui m'ont paru meriter d'être remarqués, & qui pourront avoir leurs utilités.

La chaux ordinaire, par exemple, la chaux d'os ou les os calcinés loin de donner au fer quelque disposition à être acier, n'en ont fait qu'un fer plus doux à la lime, & au marteau ; & c'est une observation dont nous ferons dans la suite des usages, qui valent peut-être bien celui de convertir le fer en acier.

Mais une seconde observation, que la précédente rendra encore plus singuliere, c'est que le plâtre qui n'est lui-même que la chaux d'une espèce de pierre tendre, & dont on auroit dû attendre des effets assés semblables à ceux de la chaux ordinaire en a produit de très-differens. A la verité il n'a point changé le fer en acier ; mais qui auroit soupçonné que ce fût un des fondants

LE FER FORGE' EN ACIER 19

du fer des plus efficaces ? Quand j'ai donné au creuset, où j'avois mis du plâtre, une chaleur aussi violente qu'aux autres creusets, j'ai trouvé les barreaux de fer réduits en une masse ronde, ou un peu applatie, en un mot, dans une masse qui s'étoit moullée sur le fond du creuset. Quand la chaleur a été moins vive, que le fer n'a pas été mis en fusion, il a été tout divisé en écailles qui se séparoient pour peu qu'on les touchât ; il restoit seulement au centre de chaque barreau quelques filets d'un fer fort doux, mais les écailles étoient friables, comme sont toutes les écailles de fer. J'ai quelquefois ouvert les creusets, où j'avois mis du plâtre, lorsque ce fer commençoit à s'échauffer, & j'ay vû un phénomène singulier ; le plâtre rejailissoit par bouillonnemens hors du creuset comme l'eût fait une liqueur, mais beaucoup plus haut. C'étoient de vrays bouillons, de vrays jets d'une poudre fine, car le plâtre étoit resté en poudre, comme il y avoit été mis ; aussi les creusets où j'ai mis du plâtre ont presque toujours été brisés avant d'avoir soutenu une grande chaleur. Après cette experience j'ai tenté si la chaux ordinaire, & la chaux d'os, n'aideroient point de même à la fusion du fer, & il ne m'a pas paru qu'elles la facilitassent.

Le fer qui avoit été entouré de sable, tel que celui de Fontenay-aux-Roses, fort estimé des Fondeurs de Paris, ce fer, après avoir été tiré du creuset, n'en parut que plus doux ; il n'eut son ancien-

ne dureté qu'après qu'il eût été trempé dans l'eau froide. Cette expérience apprend que les Forgerons peuvent hardiment jeter des sables de la nature du précédent sur le fer qu'ils veulent empêcher de se brûler dans la forge, qu'ils n'ont point à craindre qu'il en devienne plus rebelle au marteau, ou à la lime.

Quoyque le fer n'eût pris dans cette expérience aucune disposition à être acier, il est pourtant à remarquer que dans celle-ci & dans quelques autres, il s'y est fait une sorte de changement, mais auquel le feu a, je crois, la plus grande part : les barreaux de fer qui étoient fibreux, y perdirent leurs fibres, & les barreaux de fer qui étoient composés de lames se trouverent ensuite avoir des lames plus petites.

Les morceaux de fer qui ont été enveloppés de terre à Potier, ou glaise, molle qui avoit été moulée sur leur figure, sont aussi restés pur fer. Ils ont paru cependant résister plus à la lime que ceux qui avoient été mis dans les autres compositions.

Les cendres lessivées firent au plus autant d'effet que la terre à potier.

Le verre approche assés de la nature des sables, il a à la vérité plus de sels qui le rendent plus fusible ; mais il garde ceux dont il s'est saisi. Le fer de quelques creusets étoit entouré de verre pillé, qui avoit été passé par un tamis très-fin. Ce fer a pris quelque dureté, sans devenir acier en au-

LE FER FORGE' EN ACIER. 21

cune façon. Ce que cette expérience a offert de remarquable, c'est que les barreaux, qui avoient été mis dans les creusets, noirâtres, sales, peut-être un peu rouillés, en sortirent très-blancs; l'acier qui se découvre le mieux n'est pas si blanc, dans les endroits où il a été trempé le plus chaud. Le verre s'étoit fondu, il avoit mouillé &, pour ainsi dire, lavé les morceaux de fer; il en avoit emporté toute la crasse sans en enlever d'écailles, au moins le volume du fer n'étoit-il pas diminué sensiblement. Plusieurs arts demandent un fer parfaitement décrassé, on *décape*, ou décrasse dans des eaux aigres les feuilles de fer qu'on veut étamer; peut-être y a-t-il des circonstances où on pourroit substituer à ces eaux l'expédient que nous fournit l'expérience précédente; si il réussissoit il épargneroit un long & fatigant travail, comme l'apprend l'art d'étamer le fer, ou de faire le fer blanc en feuilles.

Mais le résultat des expériences précédentes, qui regarde notre objet présent, c'est que le fer ne sçauroit être converti en acier par la seule chaleur du feu; & que cette chaleur ne trouve pas des secours suffisants dans les matieres insipides, trop terreuses, trop dénuées d'huiles ou de sels; que ces matieres terreuses ne sont pas par elles-mêmes propres à avancer la conversion du fer en acier.

Les faiseurs de trempes en paquet vantent le suc de quelques plantes pour l'endurcissement du fer; plusieurs font sur tout entrer beaucoup d'ail dans

leurs compositions ; jamais les sausses les plus piquantes n'ont été assaisonnées d'autant de suc de cette plante que le furent des matieres insipides dont j'enveloppai les fers de quelques creusets ; mais cet assaisonnement n'a pas fait une composition fort active ; elle n'a pas changé la condition du fer.

J'ai essayé ensuite ce que pouvoient seules, sur le fer, les graisses, & les matieres huileuses. J'ai abreuvé copieusement de différentes graisses, comme de suif ordinaire, & de différentes huiles, sur tout d'huile de lin, des terres & des chaux que j'avois reconnu ci-devant incapables de produire par elles-mêmes aucun effet. De ces terres ou chaux abreuvées, j'ai fait des espèces de pâtes dont j'ai enveloppé les fers de différents creusets. J'ai reconnu par ces expériences que les huiles seules, n'étoient pas en état d'agir sur le fer pour le convertir en acier. Il arrive à la vérité que ces huiles sont plutôt brûlées qu'on ne voudroit, mais quoique, pour les empêcher de se brûler viste, j'aie souvent lutté les creusets avec grand soin ; Je n'ai pas vu qu'elles aient produit de changement dans le fer par rapport à l'acier.

J'ai de même éprouvé l'effet des sels, soit en n'entourant que de sels de différentes espèces des lames de fer, soit en mêlant une quantité considérable de ces sels avec des matieres terreuses & insipides. Ces expériences m'ont encore appris que les sels seuls ne pouvoient donner au fer aucune dif-

LE FER FORGE' EN ACIER. 23
position à être acier ; tout ce qu'ils ont fait a été de
couper les fibres du fer doux , sans le mettre en
état de prendre des grains & de la dureté par la
trempe.

Mais j'ai vû que cet effet, qui ne pouvoit être
produit ni par le feu seul , ni par les huiles ou
graisses seules , ni par les sels seuls , le pouvoit être
par des huiles & des sels mêlés en certaines propor-
tions. On sçait que le savon n'est précisément
qu'une huile épaissie par des sels alcali jusques à
devenir un corps solide. J'ai mêlé du savon en
differentes doses avec des matieres purement ter-
reuses ; le fer qui a été entouré par ce mélange a
été changé en acier à moitié ; je veux dire que la
partie inferieure des barreaux a pris les qualités
de l'acier , pendant que les parties supérieures sont
restées fer. Si la conversion n'a pas été faite en entier,
ce n'est pas par le défaut d'activité du savon , mais
parce que s'étant fondu il n'a plus occupé que
le bas du creuset , & n'a pu agir que sur le fer
qui y étoit. Le fer qui avoit changé de nature étoit
à la verité de fort mauvais acier, mais tel qu'il étoit,
il prouvoit du moins que c'est du mélange des
parties huileuses , & des parties salines qu'il faut
attendre la conversion du fer en acier.

J'ai donc passé ensuite à essayer des matieres char-
gées naturellement d'huiles , de sels ; j'ai d'abord
essaié ces matieres seules, sans aucuns mélanges. J'ai
mis dans quelques uns de mes creusets des char-
bons de bois réduits en poudre ; dans d'autres du

charbon de terre; dans d'autres des cendres de bois neuf, non lessivées; dans d'autres de la fuye, tantôt telle qu'on la tire des cheminées, tantôt après l'avoir fait brûler; dans d'autres de la corne assés brûlée pour être réduite en charbon, & non en cendre, je la faisois piller, & ensuite passer par un tamis. Dans d'autres creusets j'ai mis de la savatte brûlée au même point que la corne, & préparée de la même manière. J'ai aussi essayé des fientes de divers animaux, comme celles de chevaux, de poules, de pigeons, soit sans les faire brûler, soit après les avoir fait brûler. J'ai trouvé que chacune de ces matières avoit la force de changer le fer en acier, ce qu'on devoit attendre des parties huileuses & salines dont elles sont imprégnées. Mais toutes ces matières ne sont pas également efficaces. Le charbon de bois, la fuye, la savatte brûlée peuvent seules changer le fer en aciers fins & durs mais qui sont pour l'ordinaire difficiles à travailler, qui après avoir été forgés restent pleins de fentes, & de gerçures. D'ailleurs elles demandent un feu un peu long; l'effet de la fuye & celui de la savatte sont pourtant plus prompts que celui du charbon. La corne si vantée par les faiseurs d'acier ne m'a paru avoir aucun avantage sur la fuye, elle a même produit beaucoup moins d'effet. La cendre ne rend pas le fer difficile à travailler, mais elle le rend très-peu acier, elle en fait au plus un acier très-grossier qui ne mérite pas le nom d'acier. La fiente de pigeon donne des aciers fins, mais

LE FER FORGE' EN ACIER 25

mais intraitables, c'est-à-dire, des aciers qui, lorsqu'on les forge à chaud, s'en vont par parcelles sous les coups du marteau. La fiente de cheval, & la fiente de poule n'ont guère fait plus qu'une cendre ordinaire. Le charbon de terre, qui avoit été pillé & fassé, a produit un effet très-prompt, & a beaucoup diminué le volume du fer, il l'a rongé, il en a fait un acier dur, fin, mais intraitable.

Le résultat général de ces dernières expériences me parut être que plusieurs des matieres ci-dessus pouvoient entrer dans les compositions propres à convertir le fer en acier; qu'il falloit en retrancher quelques-unes, ou moderer leur effet, telles sont celles qui rendent l'acier intraitable; qu'il falloit au contraire chercher à animer l'activité de celles qui semblent agir trop foiblement ou trop lentement; & pour cela éprouver si l'addition de certains sels ne les mettroit pas en état d'agir plus efficacement.

J'ai donc cherché quels secours on pourroit donner à ces matieres, j'ai tâché de découvrir de quels sels on les devoit attendre. Plus les expériences sont composées, & plus il est difficile de prononcer sur leur cause, & même sur leur succès. Aussi étoit-il plus difficile de décider sur l'effet de chaque sel que sur celui des autres matieres que j'avois tentées. Les sels, comme nous l'avons vû ci-devant, n'opèrent rien par rapport à la conversion du fer en acier, quand ils sont seuls, ou mêlés avec

des matieres trop terreuses ; d'autres expériences avoient montré jusqu'où va l'effet du charbon seul ; je l'ai pris pour base, & j'ai essayé ce qu'il feroit de plus selon la differente espèce de sel avec laquelle il auroit été combiné, c'est ainsi que j'ai cru devoir éprouver d'abord l'effet des differentes sortes de sels. J'ai pris un poids égal de chacun, je l'ai mêlé avec un poids de charbon beaucoup plus grand que celui du sel, mais égal dans chaque creuset, & qui par tout entouroit un morceau de fer égal. J'ai fait ensuite de pareils essais sur les mêmes sels en leurs donnant pour base, pour intermede un mélange de fuye, de cendre, & de charbon, dont nous déterminerons ailleurs les proportions.

Les effets des sels éprouvés de ces deux differentes manieres m'ont semblé être à peu près les mêmes, & voici ce que j'ai pû tirer de plus essentiel de ces expériences repetées diverses fois.

Il m'a paru que les alcalis fixes acceleroient la conversion du fer en acier, mais qu'ils le rendoient presque toujours un acier difficile à forger, plein de gersures, qui ne se laissoit pas souder, ni corroyer. C'est ce que j'ai vu lorsque j'ai employé differentes soudes, comme celles de Cartagene & d'Alicante, des Potasses, &c. Le Natron d'Egypte qui paroît tenir aussi des sels alcali, & que quelques Chimistes donnent pour exemple des alcali, qui ne sont pas l'ouvrage de l'Artiste, le Natron d'Egypte, dis-je, m'a de même donné un acier difficile à forger.

LE FER FORGE' EN ACIER 27

D'autres sels m'ont paru plutôt arrêter qu'aider l'effet du charbon. Tel a été le Borax. J'ai douté aussi si l'alun & le vitriol vert avoient contribué de quelque chose à avancer la conversion du fer ; je n'ai été sûr qu'ils aient operé quelque chose, qu'après les avoir employés en dose considérablement plus forte que les autres sels.

Un effet plus singulier de quelques sels, c'est que l'acier qui a été leur ouvrage, n'a pas été un acier durable. L'acier qui après avoir été forgé & trempé une fois avoit un grain beau & fin, forgé & trempé une seconde fois n'avoit plus, ou presque plus de grain. Cet effet singulier n'a pas pourtant été produit constamment par les mêmes sels ; je veux dire , que quand j'ai voulu refaire , avec ces sels , des aciers peu durables , que je n'y ai pas toujours réussi. Les sels qui m'ont donné quelque fois des aciers si peu fixes , ne sont pas de même nature , ce qui rend ce phénomène plus difficile à expliquer ; ce sont le sel ammoniac , le sel appelé sel de verre , le vitriol , le salpêtre concentré par le tartre , ou le sel qu'on trouve après avoir fait brûler deux parties de tartre , & une de salpêtre mêlées ensemble. Ce dernier sel , comme tous les sels alcali , a produit un acier difficile à mettre en œuvre.

On a reproché aux aciers faits de fer forgé de perdre leur finesse à mesure qu'on les travaille , mais ce n'est pas un défaut qui leur soit général , il est propre à ceux qui doivent partie de leur trans-

formation à des sels analogues à ceux dont nous venons de parler. Les aciers de fer forgé se soutiennent à peu près comme ceux qui sont tirés immédiatement des fontes , quand ils ont été faits avec les ingrédients convenables.

Enfin la conclusion la plus importante , que j'ai tirée des expériences sur les sels , c'est qu'elles ont démontré que de tous les sels le plus propre à changer le fer en un acier fin , dur , aisé à forger , qui ne s'affoiblit point pour être forgé , est le sel marin : le sel gemme & le sel tiré des chaudières où l'on raffine le salpêtre , quoique de même nature , ne m'ont même jamais si bien réussi que le sel tiré des eaux de la mer ; ce n'est pas que je croie qu'on ne puisse substituer le sel tiré des mines , ou du salpêtre , au sel tiré des eaux de la mer , mais je rapporte scrupuleusement ce qui m'a paru , quand je dis que le sel marin m'a mieux réussi.

Pour avoir des expériences plus complètes sur les sels , après avoir essayé l'effet des sels secs , j'ai voulu faire quelques tentatives avec des sels fluides , des esprits de sels. J'ai imbibé d'eau forte le charbon dont je voulois remplir un creuset , jusqu'à ce qu'il fust réduit en une pâte molle. Le fer enveloppé de cette pâte est devenu un acier qui n'a duré que jusqu'après la première trempe ; forgé & trempé une seconde fois , il est redevenu fer. Si nous ne nous étions interdits tous raisonnements dans cette première partie , cette expérience nous donneroit occasion d'expliquer pourquoi les aciers

LE FER FORGE' EN ACIER 29

faits par certains sels ne sont pas durables, comme ils le seroient si ils étoient faits avec le seul charbon. Je n'ai pas cru devoir pousser plus loin les expériences sur les esprits des sels; il ne seroit pas commode dans la pratique d'être obligé d'y avoir recours, la dépense en pourroit être trop augmentée; il est à craindre que l'acier, qui seroit l'ouvrage d'esprits quelques qu'ils fussent, ne se soutint pas au feu comme ceux qui sont faits par des sels secs; d'ailleurs l'évaporation des esprits, renfermés dans les creusets, seroit très-considérable.

Outre les sels, j'ai cru devoir tenter si on n'emploieroit point avec succès diverses matieres minerales qui sont de grands fondants du fer, & qui par conséquent pourroient être soupçonnées propres à changer sa tiffure; quelques-unes même de ces matieres, sont indiquées comme excellentes pour certaines trempes. Tels sont l'Antimoine, l'Arsenic, le soufre commun, & le vert-de-gris. Mais de quelque façon que les trois premières matieres aient été combinées, j'ai trouvé qu'elles n'étoient bonnes qu'à gâter le fer ou l'acier; pour le vert-de-gris employé en petite quantité, comme les sels, il ne m'a pas paru produire d'aussi mauvais effets qu'on en auroit pu attendre; il n'a pas empêché l'acier de se souder, ce qui est bien contraire au préjugé des Ouvriers qui croient que tout ce qui tient un peu du cuivre rend le fer intraitable.

La tiffure du fer qui avoit été entouré de char-

bon pillé, mêlé avec de l'antimoine a été changée, mais sans devenir celle de l'acier. Il n'avoit plus ni lames brillantes, ni fibres comme les fers ordinaires, ni grains comme l'acier; les molécules avoient pris une figure moyenne, elles étoient plus applaties que les grains-d'acier & plus relevées que les lames du fer, elles étoient ternes au lieu que les lames du fer sont brillantes.

Le soufre commun employé en même dose & avec même dose de charbon que les matieres précédentes a changé un fer doux en un fer intraitable, & a empêché le charbon de le rendre acier. Mais lorsque j'ai mêlé la même quantité de charbon avec un poids d'acide de soufre, égal à celui du soufre que j'avois fait entrer dans l'autre mélange, le fer n'a pas laissé de se changer en acier grossier, & qui se soudoit difficilement.

Après avoir éprouvé toutes les matieres que j'ai imaginées capables d'agir sur le fer; après avoir reconnu celles qui étoient entierement à rejeter & celles qui pouvoient être employées avec quelque succès, il restoit à essayer quel effet produiroient les matieres efficaces différemment combinées ensemble, & en différentes proportions; laquelle de ces combinaisons étoit la plus heureuse; & au moyen de toutes ces tentatives il n'y avoit guère d'apparence que les plus avantageuses des compositions pour convertir le fer en acier m'échappassent. A la vérité le nombre des combinaisons, qui se présentoient, étoit grand, mais il n'étoit pas

LE FER FORGE EN ACIER 31

aussi immense qu'il le pourroit paroître. On n'est pas obligé d'avancer par des différences presque insensibles, quand on veut produire des effets sensibles; les précisions Physiques ont d'asés grandes latitudes.

Après, dis-je, toutes ces experiences les compositions qui m'ont paru les-meilleures ne demandent que du charbon pillé, de la cendre, de la suye de cheminée, & du sel marin. Mais de ces matieres meslängées en différentes proportions, on peut faire différentes compositions dont celle que je regarde comme la plus propre à changer le fer en acier très-fin, & très-dur, consiste en deux parties de suye, une partie de charbon pillé, une partie de cendre & trois quarts de partie ou quelque chose de moins de sel marin; c'est-à-dire que, si on employe seize livres de suye, on en emploiera huit de charbon, huit de cendre & six livres, ou seulement cinq livres de sel marin.

Je donne à cette composition la préférence, lorsqu'on a à convertir en acier les fers qui y sont les plus propres; une autre partie de notre art apprendra les caractères de ces fers; mais cette même composition n'est pas celle qui convient le mieux à certains fers; elle en feroit des aciers trop difficiles à forger, qui auroient peine à se laisser fonder ou corroyer, & qui après avoir été travaillés resteroient gerfeux. Ces sortes de fers demandent une composition moins active; voici celle qu'on leur doit donner. Prenez deux parties de

52 L'ART DE CONVERTIR

endre, une partie de fuye, une partie de charbon, & trois quarts de partie de sel marin ou environ comme dans la premiere.

Cette derniere composition peut comme la premiere être employée avec succès sur les fers les plus propres à devenir acier; elle les convertit comme l'autre en bons aciers, mais elle agit plus lentement; quand on se sert de cette composition, l'opération n'est finie qu'après une durée du même feu beaucoup plus longue, & cette raison seule mériterait la préférence à la premiere composition à qui elle est peut-être due encore, parce qu'elle donne quelques degrés de finesse de plus à l'acier.

On verra même dans la suite qu'on peut toujours hardiment l'employer sur diverses sortes de fers qu'elle change neantmoins en aciers un peu difficiles à traiter; & cela parce que nous donnerons des remedes pour corriger les mauvais effets qu'elle auroit pu produire, & ces remedes ne coûteront guère en temps & en charbon, que ce que demande de plus la composition la moins active.

Il n'est que trop ordinaire de vouloir donner du mysterieux à tout ce qu'on nomme recepte, composition; on prescrit au moins des doses dont on ne permet pas de s'écarter, c'est à quoy ne manquent guère les donneurs de secrets; nous les imiterions, & nous n'en avons nulle envie, si nous manquions d'avertir qu'entre les deux compositions que nous venons d'enseigner, il y en a une infinité de moyennes dont on peut se servir.

servir avec succès. Nous n'avons déterminé si précisément les doses des deux précédentes que parce qu'il faut donner à la plupart des Ouvriers quelque chose de fixe, à quoy ils puissent se tenir ; mais ce que nous pouvons & devons assurer, c'est que les doses de ces deux compositions apprennent les limites entre lesquelles il est à propos de se renfermer ; on ne sçauroit s'en écarter beaucoup sans courir risque de faire de l'acier trop difficile à forger, ou de l'acier trop grossier, & qui demanderoit une opération trop longue : si, par exemple, on diminueoit dans la première composition la dose de la cendre, ou qu'on voulût l'exclure entièrement, il seroit très-rare de trouver des fers qu'elle changeât en aciers aisés à travailler. Si au contraire on augmentoit trop la quantité de la cendre, qu'on lui donnât à elle seule trois des parties de la composition, & qu'on divisât la partie restante entre le charbon & la suye, il faudroit un feu beaucoup plus long pour rendre le fer acier, employer une beaucoup plus grande quantité de composition, & souvent on n'auroit que de l'acier grossier. Mais lorsqu'on prendra des termes moyens entre les deux limites que nous avons assignées, on pourra le faire sans inconvenient. Par exemple un tiers de suye, un tiers de cendre, & un tiers de charbon, avec la dose de sel de l'une des compositions, feront un mélange qui réussira. Mais si on a du fer qui ait toutes les qualités requises pour devenir de bon acier, la première com-

34 L'ART DE CONVERTIR

position vaut mieux par les raisons que nous en avons indiquées ; & si on a un fer à qui quelques-unes de ces qualités manquent , il est plus sur de se servir de la seconde que de l'autre. En voilà assez pour conduire dans la pratique , nous ajouterons seulement pour regle , que plus il a de matieres huileuses dans la composition & plus il y a de risque de faire un acier gerseux , difficile à forger , & plus aussi l'acier se fait promptement ; c'est la fuye & le charbon qui contiennent principalement les matieres huileuses , on en diminue donc la quantité quand on affoiblit la dose de ces deux matieres & qu'on augmente celle de la cendre , qui est principalement employée pour moderer l'effet des deux autres ; elle agit aussi par ses sels alcali , mais elle n'en a pas assez pour qu'ils puissent produire le mauvais effet dont nous avons parlé dans nos remarques sur l'action des differents sels.

Pour me convaincre encore davantage de ce mauvais effet d'une trop grande quantité de parties huileuses , j'ai abreuvé d'huile de lin les matieres de la premiere composition ; l'acier a été rendu très-difficile à forger dans les circonstances où il ne l'eut pas été , si la composition n'eut pas eu cette addition d'huile.

La dose de sel marin que nous avons déterminée n'est pas non plus si essentielle qu'elle ne puisse être variée ; on pourroit même absolument l'exclure , mais l'opération seroit plus lente ; le sel contribue fort à l'accelerer , & contribue à la du-

LE FER FORGE' EN ACIER. 35
reté, & à la finesse de l'acier. Si on excluait le sel marin, il faudroit une plus grande quantité de composition par rapport à la même quantité de fer. On peut aussi augmenter cette dose, mais augmentée jusqu'à un certain point elle est nuisible; si on la double, par exemple, il y a à craindre de rendre l'acier gerfeux; soit que le sel fasse cet effet par lui-même, soit qu'il donne plus de facilité aux parties huileuses de s'introduire dans le fer; cependant l'augmentation du sel marin ne m'a jamais paru produire de si mauvais effets que l'augmentation des matieres huileuses.

J'ai mis dans un creuset du charbon pilé tout seul, c'est-à-dire, sans sel & sans autre matiere, mais en grande quantité par rapport au poids du fer. Ce fer a été changé en acier fin, mais ce n'a été qu'après un temps presque double de celui qu'il eût fallu à la premiere composition pour opérer le même effet, & cet acier après avoir été forgé étoit plein de gersures.

Quand j'ai voulu faire entrer dans mes compositions des matieres insipides ou presque insipides, comme de la terre à Potier, du sable, de la chaux, j'ai arrêté ou affoibli l'effet des matieres actives, selon que j'ai donné des doses plus fortes ou plus foibles des insipides. C'est aussi l'effet qu'on en devoit attendre. Si pourtant on avoit à convertir en acier des fers qui ont trop de disposition à devenir des aciers difficiles à forger, on pourroit en rendre quelques-uns des aciers traitables, en mode-

36 L'ART DE CONVERTIR

rant l'effet des matieres actives, par quelque matiere absorbante. Qu'à notre composition foible, sçavoir de deux parties de cendres, d'une partie de charbon, d'une partie de fuye, & trois quarts de partie de sel, qu'à cette composition, dis-je, on ajoute une partie de chaux ordinaire; ou pour le mieux encore une partie de chaux d'os, c'est-à-dire, une partie d'os brulés & réduits en cendre. Il y a des fers, que par toute autre composition, je n'avois pu changer qu'en des aciers qui ne pouvoient soutenir le marteau, qui par celle-ci sont devenus des aciers aisés à forger. On peut même pousser plus loin la dose des matieres insipides. J'ai fait quelquefois convertir du fer en acier après avoir meslé deux parties de chaux d'os, avec une partie de cendre, une de charbon, une de fuye & la dose de sel ordinaire. Mais après tout il vaut mieux ne point chercher à changer en acier les fers qui demandent qu'on introduise ces correctifs dans les compositions; si on y en introduit trop, ils arrêtent totalement le succès de l'opération. J'ai, par exemple, essayé un procédé rapporté dans un livre à secrets qui concerne les arts imprimé à Paris, chez Jombert en 1716. tom. 1. pag. 12. qui ne m'a pas réussi; & cela, je crois, parce qu'on y met une dose de chaux vive trop forte par rapport au reste. Ce procédé veut qu'on prenne une partie de fuye, trois quarts de partie de cendre de bois de chefne, un quart de partie d'aulx broiés, qu'on fasse bouillir le tout dans douze parties d'eau, jusqu'à ce que ces douze parties

LE FER FORGE' EN ACIER. 37

soient réduites à quatre, qu'on y trempe les billes de fer & qu'on les stratifie, ou arrange par lits séparés par la composition faite de trois parties de charbon, trois de chaux vive, une de suye & un quart de sel decrepité. Ce beau procédé a laissé mon fer très-doux, ce que j'ai attribué à la trop grande quantité de chaux vive.

J'ai quelquefois ajouté un huitième de partie de chaux dans mes compositions ordinaires. En si petite dose elle n'y a pas fait de mal, elle a même produit un bon effet qui a été de diminuer certaines boursofflures dont nous parlerons dans la suite, qui s'élevent quelquefois sur la surface du fer. Une dose de plâtre plus foible que celle de la chaux, c'est-à-dire, environ un douzième de partie, est encore plus efficace pour les arrêter.

Le verre pilé, que quelques-uns font entrer dans leurs compositions, n'a guère aussi d'usage que de diminuer ces boursofflures, mais il ne fait pas mieux que la chaux & le plâtre, & ce seroit un embarras dans les manufactures que de recouvrer assés de verre pour le piler. D'ailleurs le mal auquel il remédie est si léger, que c'est un mal dont on ne doit nullement s'inquieter. Il faut sur tout avoir en vuë dans des établissemens en grand, de n'employer que des matieres aisées à avoir.

Le même livre dont nous venons de parler ci-dessus; enseigne, page 31. une autre composition d'un des ingrédients de laquelle il seroit, par exemple, difficile de se fournir pour le travail en grand;

38 L'ART DE CONVERTIR

elle consiste en douze parties de charbon de hestres éteint dans l'urine ; dix parties de corne, trois parties de cendre de bois neuf, trois parties de poudre d'écorce de grenade. Où des manufactures feroient-elles leur provision de cette dernière poudre, que d'ailleurs je crois ici plus nuisible qu'utile ?

Mais pour revenir aux deux compositions à qui nous avons cru devoir donner la préférence, elles ne demandent heureusement que des drogues faciles à recouvrer par tout, & qui, si on en excepte le sel marin, sont par tout à bon marché. Les préparations qu'elles veulent n'engagent pas aussi à de grands frais. Pour la suye tout se réduit à la faire passer par un gros sas, ou une espèce de crible ; si on la réduit en parties fines, tout pourtant n'en sera que mieux : il n'est point du tout nécessaire de la faire brûler ; ce que j'ai reconnu après l'avoir employé brûlée, & non brûlée. A l'égard de la cendre, malgré tout ce qu'on a dit sur le choix qu'on en devoit faire, pourvu qu'elle soit de bois neuf, de quelque espèce que soit le bois, je l'ai toujours trouvé bonne ; on la passe par un tamis médiocrement fin ; on passe le charbon par un pareil tamis, après l'avoir réduit en poudre par le moyen d'un pilon. Tout charbon peut être employé, quoique celui de chesne soit un peu plus actif, le charbon de bois blanc ne m'a pas paru réussir d'une manière différente sensiblement. Le charbon de hestre, moyen entre celui de chesne & celui de bois blanc, merite peut-être

LE FER FORGE' EN ACIER. 39
d'être préféré. Mais à parler naturellement ce sont des différences difficiles à démêler par les expériences les plus exactes & des différences si legeres importent peu dans la pratique.

Le sel marin doit aussi être réduit en une poudre fine; & pour le pulveriser plus commodement, il faut commencer par le faire décrepiter dans un creuset, c'est-à-dire, le tenir quelque temps dans un creuset qu'on fera rougir sur le feu. Enfin il ne reste qu'à mesler les différentes doses de ces matieres le plus exactement qu'il est possible.

Quand on veut travailler en grand, il y a des moyens, de faire toutes ces petites manipulations, qui abregent beaucoup le travail, il est si aisé d'en imaginer qu'il est peut-être assés inutile que nous en indiquions, & ces moyens peuvent se varier à la volonté de ceux qui ont besoin d'y avoir recours.

Dans les manufactures on pulverisera si l'on veut le charbon avec des pilons mus par l'eau, on n'auroit même à faire que quelques legeres additions aux Bocards des forges ordinaires, pour les mettre en état de servir à cet usage. Au lieu que ces pilons, pour piler les crasses de fer, tombent sur des plaques arrosées d'eau, on les feroit tomber dans des auges de bois ou dans des especes de mortiers. Enfin on pilera ici le charbon, si on veut, comme on le pile dans les moulins à poudre. On pourra piler le sel marin dans ces mêmes mortiers. Pour tamiser le charbon & le sel;

40 L'ART DE CONVERTIR

on aura , si l'on veut , des tamis pareils à ceux des boulangers , renfermés dans des especes d'Armoiries , il ne tiendra même qu'aux maîtres des manufactures de les faire mouvoir par l'eau en la conduisant sur une roüe qu'on aura donnée à l'arbre du moulin. Pour la suye on la fera passer par des cribles fins. Tout cela ne demandera pas beaucoup de temps dans un travail réglé.

La composition sera , pour ainsi dire , d'autant mieux faite , d'autant mieux dosée que ces différentes matieres auront été plus parfaitement meslées. On peut le faire à bras , en y employant le temps necessaire ; on connoît que le meslange est bien fait , quand la matiere paroît d'une même couleur en quelque endroit qu'on la prenne. On pourra faire usage ici de toutes les machines propres à retourner , à mesler , des especes de moulinets y pourroient être employés.

Pour mêler plus parfaitement le sel , dans quelques experiences , je l'ai fait dissoudre dans l'eau ; j'ai ensuite arrosé de cette eau les autres matieres déjà bien meslées , mais il ne m'a pas paru qu'il y eût à gagner dans ce procedé ; outre qu'il met dans la necessité de laisser sécher la composition pendant quelque temps ; il m'a paru la rendre moins active ; le sel peut-être en est plus aisément élevé. J'ai trouvé aussi plus d'inconveniens que d'avantages à demesler ces drogues avec de l'urine , comme on demesle celles des trempes en paquet , & comme nous avons vû qu'on l'enseigne
pour

LE FER FORGE' EN ACIER. 41

pour quelques compositions à acier. Des compositions humides, réduites en pâtes peuvent convenir aux trempes en paquet, quoyqu'elles ne conviennent pas pour l'acier ; on en verra la raison quand nous parlerons de ces trempes.

Comme les matieres qui entrent dans la composition doivent y être en certaines proportions, de même faut-il employer une certaine quantité de composition pour une certaine quantité de fer. Si on ne ménageoit pas assés la composition, on pourroit gaster son acier, trop de composition le rend gerseux ; & si on en employe trop peu elle n'a pas la force d'agir efficacement , elle le laisse fer. Il y a pourtant ici , comme dans le reste, une assés grande latitude. La difference des creusets ou caisses où l'on arrange le fer , la difference des fourneaux où on le chauffe engagent à mettre plus ou moins de matiere. Il suffit qu'on sache qu'en général il ne faut que deux onces trois gros de composition par livre de fer ; c'est-à-dire une once de suye, une demi-once de cendre, une demi-once de charbon , & au plus trois gros de sel. Pour le travail en grand on prendra pour chaque quintal de fer environ sept livres de suye, trois livres & demie de charbon pilé, trois livres & demie de cendre, & deux livres & demie , ou trois livres au plus de sel marin. Si le fer qu'on a à convertir en acier est d'une excellente qualité, on peut augmenter cette dose de composition ; l'opération n'en fera que plus prompte, & l'acier même pour-

42 L'ART DE CONVERTIR, &c.
ra y gagner par rapport à ses qualités, mais au contraire si le fer n'est pas bien propre à devenir de bon acier; le plus sûr sera de diminuer la dose précédente. Au reste le prix des matieres qui entrent dans la composition ne doivent pas engager à l'épargner; quelque quantité, même superflüe, qu'on en employe, ce dont elles augmenteront le prix de l'acier au-dessus de celui du fer, ne sera pas un objet qui merite attention. Nous verrons dans les memoires suivans, à quoy iront les autres dépenses. Nous expliquerons aussi comment on arrange cette composition liëts par liëts, avec le fer; mais nous ajouterons ici que quand on retire l'acier du fourneau on ne doit pas regarder la composition comme inutile, elle est diminuée de poids & de volume, mais ce qui reste est très en état d'agir sur de nouveau fer. On peut hardiment mesler cette vieille composition avec la nouvelle, on n'affoiblira pas trop l'effet de celle-ci, pourvû qu'on ait eu attention de la conserver avec des précautions que nous n'oublierons pas de rapporter ailleurs.





SECOND MEMOIRE,

*Où sont rapportées des observations générales
qui conduisent à régler le feu à propos.*

CE n'est pas assés de connoître les compositions les plus efficaces, d'en sçavoir proportionner les doses à la quantité, & même à la qualité du fer ; il faut, pour ainsi dire, sçavoir doser la durée, & la violence du feu ; il faut sur tout empêcher que la flamme n'ait aucune entrée dans les creusets, ou capacités équivalentes, dans lesquelles le fer est renfermé.

Le feu du fourneau ne doit jamais agir immédiatement sur le fer, ou sur la composition ; son action ne doit se communiquer à l'un, & à l'autre, qu'au travers des parois qui les contiennent ; si il se fait quelque fente considérable à ces parois, on a beau pousser le feu, en augmenter la violence & la durée, les barres de fer, ou au moins les parties des barres qui se trouvent aux environs des fentes, restent toujours fer. Il ne devient acier qu'à l'aide de la composition, quand le feu pénètre dans la capacité qui la contient, il détruit cette composition, il en change la nature, il la réduit d'abord en cendre, & enfin dans une masse dure, à demi vitrifiée, qui ne sçauroit plus four-

nir au fer les parties huileuses & salines nécessaires pour y produire les changements qu'elles devoient opérer.

Les creusets, ou pareilles capacités, doivent être placés de façon qu'on puisse voir de temps en temps, si il ne s'y fait point de ces fentes dangereuses; quelque petites qu'elles soient, il est aisé de les reconnoître; une flamme bleüe ne manque jamais de paroître tout du long de la fente; elle dure, cette flamme, jusqu'à ce que la fuye, & le charbon soient réduits en cendre. En cas de pareil accident, si les fentes sont grandes, & que l'opération soit peu avancée, il vaut mieux éteindre le feu, & retirer les barres que de continuer un travail qui feroit perdre du temps, du charbon, la composition employée, & une partie du fer. Mais si les fentes sont étroites, qu'elles ne s'étendent que dans une partie de la largeur, ou de la hauteur du creuset, & que l'opération ne demande plus qu'une courte durée de feu, on peut continuer de chauffer, car il faut du temps pour que la composition, qui est vis-à-vis les petites ouvertures, soit réduite en cendre, & celle qui en est un peu éloignée ne brûle pas.

Il est donc essentiel que les capacités où sont les barres, & la composition, soient très-closes; si elles ont un couvercle, ce couvercle doit être luté avec une terre qui ait quelque disposition à fondre, car les terres qui résistent plus au feu sont sujettes à se fendre. Outre que quand le couver-

LE FER FORGE' EN ACIER. 45

de bouche mal, la composition qui en est proche se brûle, c'est qu'il se fait une sublimation des sels, quelquefois si considérable que toutes les ouvertures du couvercle, ou de la voûte du fourneau, sont blanchies par les sels qui ont été enlevés. Je ne leur ai point trouvé d'autre goût que celui du sel marin; je n'en ai jamais ramassé assés pour les essayer, autrement qu'en les goustant. La composition se trouve affoiblie de tous les sels qu'elle a perdu de la sorte, & ce qu'elle a perdu alors en parties huileuses, n'est pas moins considérable, pour être moins sensible.

Mais il est étonnant combien cette composition conserve long-tems sa force, si le creuset n'a point pris air; à quelque violence qu'on ait poussé le feu pendant plusieurs jours, on en retrouve les couches entre celles de fer, & après plusieurs jours de feu, à peu près dans le même état, qu'après quelques heures; elles ont leur première couleur; ce qu'elles ont perdu de leur épaisseur ne va pas au quart. Cependant quand j'ai pesé toute la matiere, qui avoit soutenu le feu, j'ai trouvé environ la moitié de diminution de son poids; mais il est probable que cette diminution doit être principalement attribuée aux parties aqueuses qui ont été enlevées, puisque le volume n'est pas diminué en pareille proportion que le poids; ce qui est de sûr, c'est que cette matiere paroît aussi inflammable qu'elle l'étoit, par conséquent sa partie huileuse n'a pas été consumée, quoyqu'elle ait brûlé pen-

46 L'ART DE CONVERTIR

dant si long-temps. Ce fait, singulier en apparence, est cependant selon les regles de la Physique ordinaire; le feu ne consume les corps qu'autant qu'il peut enlever leurs parties; il ne sçauroit ici enlever celles de nos matieres; un charbon allumé, bien couvert de cendres, est long-temps en feu, avant d'être entierement brulé. Les parois d'un creuset sont bien un autre obstacle à l'évaporation que la cendre, la matiere n'y resteroit pas enflammée, si le feu ne l'allumoit, pour ainsi dire, à chaque instant.

Il est à propos de ne pas remplir entierement le creuset, de laisser par en haut environ un pouce, ou un demi pouce de vuide, selon la grandeur de ce creuset, & cela parce que la matiere, qui dans les premiers instants se dilate, pourroit écarter, & faire entr'ouvrir les parois, si elle ne trouvoit pas de vuide où se loger.

Après qu'une barre a été tirée du creuset, le premier coup d'œil fait connoître, si elle a été en entier, ou en partie, auprès de quelque endroit qui ait eu accès d'air, pour qu'elle en ait souffert. Quand le creuset a été bien clos, & que la composition, qui a entouré cette barre, ne s'est point brulée, la couleur de la barre est d'un brun terne; au lieu que sa couleur est ardoisée, qu'elle a des brillants blancs, si la composition qui l'entouroit a été réduite en cendre. Alors la barre est couverte d'une écaille, que les coups du marteau détachent aisément; le fer brulle, quand la composition est brulée.

LE FER FORGE' EN ACIER. 47

Après les doses de la composition convenable, rien ne décide plus de la perfection de l'acier, qu'un juste degré de cuisson ; trop peu, ou trop de durée de feu lui donne des défauts. On prévoit assés qu'un feu, dont la durée n'aura pas été assés longue, laissera les barreaux fer, ou fer en partie ; & c'est un défaut aisé à reconnoître, par les premiers essais ; après que le barreau a été forgé, trempé ; on reconnoît sans être fort habile, si il y est resté quelque veine de fer. Mais l'acier, qui n'a pas assés souffert le feu, pêche quelque fois, par un autre endroit ; il n'est rien qui m'ait déconcerté plus de fois, pendant mes recherches sur les aciers, que l'imperfection dont je veux parler. Je tirois quelquefois du fourneau des aciers qui se travailloient à merveille ; qui prenoient à la trempe le plus beau de tous les grains ; cependant quand je venois, à les essayer, je les trouvois mous ; façonnés en ciseaux à couper le fer à froid, ils refouloient au premier coup. Je ne sçavois à quoy m'en prendre ; car cela m'arrivoit sur les mêmes fers, qui avoient parfaitement réussi dans d'autres fournées, & avec les mêmes doses de composition. Tantôt je l'attribuois à l'air, qui s'étoit introduit dans les creusets, & tantôt à quelque autre cause, qui n'y avoit pas eu plus de part. Mon fer étant devenu acier, jusqu'au centre, je ne m'avisois pas de soupçonner, qu'il fût encore besoin que le feu travaillât dessus ; c'est cependant ce que je devois imaginer ; quand j'eus pensé que peut-

43 L'ART DE CONVERTIR

être le feu n'avoit pas tout fait quand il avoit coupé les fibres du fer ; quand il l'avoit mis en état de prendre une grainure fine à la trempe ; qu'il lui restoit encore à faire agir les souffres , & les sels pour donner à l'acier toute la dureré qu'on lui veut ; quand j'eus , dis-je , fait cette dernière réflexion , je remis au feu une seconde fois mes aciers , mous , après les avoir entourré de composition : lorsque je les eu retiré , je leur trouvai toute la dureré que je pouvois souhaiter. C'est une expérience que j'ai réitérée ensuite grand nombre de fois , le succès en a toujours été le même. Ainsi , lorsque malgré la composition que nous avons donnée , on aura des aciers trop mous , on en doit rejeter la faute , sur ce qu'on se sera trop pressé de les retirer du feu ; le remede sera de les y remettre.

On prendra garde neantmoins , de ne pas donner le remede trop violent ; car si l'acier , qui n'a pas assés souffert le feu , n'est pas de l'acier assés dur , celui qui a soutenu le feu jusqu'à un certain point , pêche par d'autres endroits. Il est trop difficile à travailler , on ne peut le rassembler sous le marteau ; On trouve un déchet considérable en le forgeant ; Enfin les billes ou les barreaux qui en sont forgés , restent pleins de fentes , de gerfures , leurs angles ont des especes de hoches ; or de pareils aciers ne sont pas propres pour faire des ouvrages nets.

L'article des trempes nous donnera occasion de rapporter des faits singuliers sur la nature de
ces

LE FER FORGE EN ACIER. 49

ces aciers. Nous dirons pourtant ici, ce que nous avons déjà dit en d'autres circonstances, c'est que le milieu qui sépare le trop & trop peu de feu, n'est pas un point indivisible; cet intervalle est assez grand pour être aisé à saisir. Il faut que le feu soit continué, un sixième, ou cinquième, de temps plus qu'à l'ordinaire pour gâter l'acier; je ne voudrois pas même, que dans des fabriques d'acier, on lui donnât un feu d'une égale durée à chaque fournée. Par ce seul expédient on en tiroit des aciers de différentes qualités, & propres à différents ouvrages; les Ouvriers à qui on les vendroit pour tels, employeroient les uns pour les ouvrages à qui il n'importe pas d'avoir une si grande dureté, mais qui veulent être très-finis, très-polis, sans pailles, ni gerfures; & les autres seroient employés à des outils à qui la dureté est sur tout essentielle.

Si on demande combien d'heures de feu, à peu près, on doit donner à des barres de fer, d'une grosseur déterminée, pour les changer dans de bon acier? je répondrai que c'est une question, qu'on ne sauroit éclaircir sans connoître la figure & la capacité du fourneau dont on se sert, & la quantité des barres qu'on y renferme; la nature même des fers, & les compositions employées, produisent des variétés sur cet article. Il y a des fourneaux qui demanderoient le feu allumé pendant 12. à 15. jours, & j'ai fait quelquefois de l'acier, à la vérité en très-petite quantité, en moins d'une heure. Pour don-

50 L'ART DE CONVERTIR

ner une idée claire des raisons de cette différence, nous ferons faire une remarque qui m'a conduit à chercher, & à trouver les fourneaux propres à abréger, ce me semble, l'opération la plus qu'il est possible.

Nous avons vû, dans nos expériences d'essais, que le feu seul n'est pas capable de produire le changement du fer en acier; il n'y parvient qu'après avoir introduit des parties salines, & sulfureuses; or pour faire pénétrer ces parties, jusqu'au centre du fer, afin qu'elles y puissent agir, les chemins doivent être ouverts; le fer doit être extrêmement échauffé, en quelque façon ramolli; de sorte que plus le fer sera chauffé promptement dans un fourneau, plus le degré de chaleur, qu'il y prendra sera considérable, & plus promptement sera-t-il converti en acier. La conversion ne commence, que lors qu'il commence à être ramolli; & quand il est venu à ce point elle s'achève assés promptement. Quantité d'expériences me l'ont démontré. Je dispois mes barreaux de fer, de façon que j'en pouvois tirer quelques-uns, pour juger du point où étoient les autres, s'il étoit temps d'arrêter le feu; j'en ai quelquefois essayé, qui l'avoient soutenu dix à douze heures, sans qu'il s'y fût fait de changement considérable. Deux heures ou trois heures après, je retirois un barreau qui s'étoit trouvé des plus proches de celui que j'avois osté auparavant. Souvent ce dernier étoit parfaitement converti en acier. Les dix à douze premières heures, n'a-

LE FER FORGE' EN ACIER.

voient pas produit autant de changement dans le fer que les deux ou trois dernières heures, & cela parce que le feu ne travaille avec succès, que quand le fer est arrivé à un certain degré de chaleur, comme le Forgeron ne façonne bien son fer au marteau que quand il est chaud. Je l'ai encore expérimenté d'une autre manière plus décisive, je la rapporte volontiers, parce qu'il y a quelque apparence que les expériences, que j'en ai faites en petit, pourront être utiles en grand. J'ai rempli un petit creuset de composition; je l'ai couvert & mis au feu, sans y avoir renfermé aucun morceau de fer; mais quand il a été près d'être blanc, j'ai fait chauffer dans une forge ordinaire des barreaux de fer, presque fondants, alors j'ai ouvert le creuset, & j'y ai introduit les morceaux de fer; j'ai rebouché aussi-tôt le creuset, j'avois eu soin de lui faire préparer un couvercle, qui, quoiqu'il bouchât bien, s'ôtoit & se remettoit aisément. Sans donner au creuset, ni au fer le temps de refroidir, j'ai donc continué à faire chauffer le creuset, & j'ai trouvé que le fer qu'il renfermoit avoit été bien plutôt converti en acier, qu'il ne l'eût été, si je l'eusse mis dans le creuset, en même-temps que la composition; c'est-à-dire que la durée du feu, en commençant à la compter, depuis l'instant où le creuset avoit été mis au feu avec la seule composition, jusqu'au temps où le fer a été converti, que cette durée de feu a été moindre, qu'elle ne l'eût été, si j'eusse renfermé d'abord le fer

dans le creuset ; & la différence de cette durée seroit encore bien plus considérable en grand, qu'en petit, nous en verrons les raisons dans la suite.

Nous devons pourtant dire, de la violence du feu, ce que nous avons dit de sa durée, elle pourroit être poussée trop loin. Quoique le fer ne soit pas regardé comme un métal fusible, quand il est seul, j'ai quelquefois donné un feu si violent aux creusets que les barres fondoient ; la matiere qui en avoit dégouté formoit de petites plaques. Ici la fusion est aidée par les soufres & les sels de la composition. On sçait que le soufre commun peut rendre le fer fluide, dans un instant. Or tout le fer qui a été fondu dans les creusets, est du fer perdu, il est devenu de la fonte, on ne peut guere parvenir à le rassembler sous le marteau, ou ce seroit avec trop de déchet.

S'il arrive que le fer fonde en partie dans le creuset, sans que la composition qui entouroit les barreaux, qui ont dégouté, ait été consumée ou réduite en cendre, ce qui reste de ces barreaux est de l'acier qui a toute la dureté imaginable, mais aussi très-difficile à travailler, & qui reste presque toujours gerseux. J'ai pourtant trouvé quelquefois que deux barreaux voisins s'étoient ramollis au point de se toucher, de se coller ensemble par un bout, & d'y avoir pris une figure entièrement différente de celle qu'ils auroient eu simplement appliqués l'un contre l'autre, par

LE FER FORGÉ EN ACIER 53

conséquent le fer avoit été là en fusion, cependant ces mêmes bouts, ne se forgoient guère plus difficilement que de l'acier qui auroit eu un feu un peu trop long, & étoient des aciers des plus durs; aussi les bouts de ces barreaux avoient-ils toujours été entourés de la composition & étoient-ils d'un excellent fer. Cet acier après avoir été forgé, n'étoit pas gersé extraordinairement, il l'étoit quelquefois moins que celui, qui étoit venu des barres à qui j'avois donné un feu plus modéré, mais une fois ou deux plus long.

Mais le fer ne sçauroit être chauffé trop promptement, ni trop violemment pourvû qu'il ne le soit pas jusqu'à fondre. Pour achever d'établir cette proposition, j'ajouterai encore que j'ai fait des aciers à feu très-doux & lent; j'ai mis les creusets où le fer étoit renfermé dans un fourneau pareil à ceux, où l'on fait les essais de la teneur des mines, & du titre des métaux; la chaleur n'est pas vive dans ces fourneaux; elle n'y est entretenue que par l'air, qui entre librement par des trous qui en laissent passer plus ou moins, selon que les registres qui servent à boucher ces trous sont plus ou moins tirés. L'opération a été longue, le fer ainsi mitonné, travaillé peu à peu n'est pas devenu un acier plus parfait que celui qui avoit été traité plus brusquement. De l'acier venu de fer de même qualité & grosseur, qui n'avoit été l'ouvrage que de quelques heures de feu, ne m'a pas paru le céder à celui sur lequel le feu avoit agi pendant plusieurs

54 L'ART DE CONVERTIR

jours. J'ai souvent observé que celui qui est l'ouvrage d'une chaleur plus violente, & plus prompte, a sur sa surface des bulles, dont nous aurons occasion de parler dans la suite, plus grosses, & en plus grand nombre que le fer qui a été mené plus doucement. Mais ces bulles ne produisent aucun changement dans la qualité de l'acier.

Lorsque j'ai trouvé qu'un feu long a donné de mauvaises qualités à l'acier, ç'a été principalement quand l'acier a été remis plusieurs fois au feu, avec de nouvelle composition, pareille à celle que je lui avois donnée, lorsqu'il étoit purement fer. Ainsi exposé plusieurs fois à l'action d'une composition neuve, il se retrouve dans le même cas que si on l'eût entouré d'abord d'une trop grande quantité de composition, ou de composition trop forte; la longue durée du feu fera rarement du mal, quand elle ne sera pas poussée à l'extrême, si le fer n'est pas changé de creuset & remis avec de nouvelle matiere. Ces observations nous fournissent une regle, sçavoir de ne remettre jamais le fer au feu avec une composition aussi active que celle qu'on lui a donnée la premiere fois. On l'entourera ou de composition qui a déjà servi, ou d'une composition qui quoyque neuve soit foible.

Lorsque j'ai remis l'acier au feu plusieurs fois, avec de nouvelle composition, ç'a été sur tout pour sçavoir jusqu'à quel point de finesse, & de dureté on pourroit l'amener. Si la dureté & la finesse ne s'augmenteroient pas chaque fois qu'il seroit remis

LE FER FORGE EN ACIER. 55

au feu, ou quel seroit le terme de cette augmentation : ce qui m'avoit paru une des expériences des plus essentielles à faire ; j'ai vû effectivement, que plus il est remis de fois au feu, & plus il acquiert de dureté & de finesse de grain ; il ne faut pourtant lui donner au plus, que ce qu'il peut prendre de l'une, & de l'autre qualité, avec une dose de matiere, & une durée de feu double de l'ordinaire ; encore y a t'il peu de fers qui puissent soutenir cette seconde épreuve. Si on passe par delà, cet acier qu'on a rendu plus fin & plus dur, le sera pourtant moins qu'un autre, lorsqu'il sera employé en ouvrage ; on ne viendra à bout d'en souder les parties ensemble, & sur tout de le souder sur du fer, qu'après des Chaudes fondantes, plusieurs fois réitérées. Or chaque Chaudes fondante affoiblit l'acier de quelque qualité qu'il soit. Celles qu'on aura été obligé de donner à cet acier, difficile à travailler, lui feront plus perdre de ses qualités avantageuses, qu'il n'a gagné dans la continuation de l'opération du fourneau. Enfin il sera toujours mal aisé de faire des ouvrages finis, bien nets avec cet acier, parce qu'il aura beaucoup de gerfures, mais il pourra être employé entre deux fers, ou entre deux aciers médiocres. Ainsi il y a un terme au de là duquel on ne peut pas pousser la perfection de l'acier, quelque chose que l'on tente ; parce qu'on ne peut le rendre plus fin, & plus dur qu'en le rendant plus difficile à travailler.

36 L'ART DE CONVERTIR

Quelque soit la figure du fourneau, quelque soit celle des creusets, il n'est presque pas possible que tous les creusets, chauffent également; il n'est pas même possible que toutes les barres d'un grand creuset partagent également l'action du feu. Cette remarque apprend qu'on doit remplir les creusets, & les différentes parties des creusets de barres de différentes épaisseurs, parce que les moins épaisses demandent une moindre durée, ou force de chaleur pour devenir acier. Il n'est pas néanmoins nécessaire d'en venir à diminuer les épaisseurs précisément dans toutes les proportions que diminuent les degrés de chaleur. Ce seroit une sujettion trop grande & inutile, des barres de trois ou quatre épaisseurs différentes peuvent suffire pour tout fourneau. Nous donnerons dans la suite quelques exemples sur cet article; ils ne nous eussent pas paru nécessaires, si l'expérience ne nous avoit appris jusqu'où va le peu d'attention de ceux qui travaillent sans principe. Je fus nommé il y a quelques années avec M. Geofroy & feu M. de la Hire le fils, pour examiner les essais que prétendoit faire un Etranger. Je fus très-surpris de voir que de deux creusets, qu'il devoit mettre à côté l'un de l'autre, & qui devoient chauffer autant également qu'il est possible dans un même fourneau, l'un étoit rempli de barres du plus gros fer quarré; & l'autre de fer qu'il avoit fait rendre presque aussi mince que du fer en lames. Il prétendoit cependant que tous ces fers se trou-
veroient

LE FER FORGE' EN ACIER. 57

veroient aciers en même-temps, & cela, disoit-il, parce qu'il avoit donné la composition plus forte aux uns qu'aux autres.

Il y a ici une remarque très-essentielle à faire, c'est que non-seulement il faut plus de temps pour convertir en acier des barres plus épaisses, mais que le temps nécessaire, pour les convertir, augmente bien dans une autre proportion que celle de leur épaisseur ; je veux dire que si des barreaux de fer épais de trois lignes deviennent acier en douze heures du feu d'un certain fourneau, que vingt-quatre heures du même feu ne rendront pas acier des barreaux épais de six lignes, quoique de même largeur que les premiers ; ils demanderont plus de trente-six heures du même feu. Des expériences réitérées sur des barres de différentes épaisseurs me l'ont fait voir.

Il suit de cette remarque, qu'il y a du profit à prendre des barres minces par préférence ; qu'on y gagne du temps & du charbon : il est vrai qu'elles ont demandé plus de l'un & de l'autre, pour être amenées en cet état, & que proportionnellement à leur poids elles sont plus long temps à forger, lorsqu'elles ont été tirées du fourneau, que ne le feroient des barres plus grosses ; mais on gagne avec usure dans le fourneau, ce qu'il en coûte de plus à la forge. Il y a d'ailleurs un avantage à se servir de barreaux minces, le reste supposé égal, ils se changent en aciers plus parfaits ; les observations qui viendront dans la suite, en feront voir

58 L'ART DE CONVERTIR

les raisons. Le commun même des Ouvriers , qui employent les aciers fins , préfèrent les petits barreaux aux autres , le travail de les étirer & aplatis leur est épargné.

Plusieurs causes peuvent concourir à empêcher que l'effet du feu ne soit proportionnel à l'épaisseur des barres. Deux morceaux de fer égaux ensemble en épaisseur à un troisième, mais qui n'ont chacun que les mêmes largeurs & longueurs que ce troisième, lui sont égaux en solidité , & le surpassent beaucoup en surface : d'où il s'ensuit que ce troisième doit demander , pour être échauffé plus du double du temps que demandent chacun des morceaux minces. Les parties du feu n'ont , à la vérité , que le double du chemin à parcourir pour arriver jusqu'à son centre , mais sa surface n'étant pas double de celle du morceau mince , il n'y a pas une fois autant de parties de feu qui agissent contre sa surface , que contre celle du morceau mince. La même raison fait encore que la quantité des parties sulfureuses & salines , fournies par la composition à l'un & à l'autre de ces morceaux , ne sont pas en raison de leur solidité. Le morceau mince en peut recevoir à chaque instant davantage par rapport à sa masse. Quand nous avons dit que la composition ne se brûle pas pendant un long feu , nous avons seulement voulu faire entendre qu'elle ne se réduit pas en cendre , mais il est toujours certain qu'elle s'affoiblit à chaque instant ; qu'à chaque instant quelque partie de sa matière hui-

LE FER FORGE' EN ACIER. 59

leuse est consumée, & qu'une partie de ses fels lui sont enlevés. Or cette diminution de la force de la composition n'est pas proportionnelle aux temps; je veux dire qu'il y a, par exemple, beaucoup plus de soufre brûlé dans la première heure, que dans la seconde, plus dans la seconde, que dans la troisième. Le fer qui aura soutenu pendant douze heures l'action de cette matière, aura donc soutenu une action, si l'on veut, plus du double plus vigoureuse, ou l'action d'une matière plus du double plus efficace, que le fer qui aura soutenu cette action pendant vingt-quatre heures, puisque la matière allumée dans les douze dernières heures, n'a pas l'activité de celle qui étoit allumée dans les douze premières. On ne compenseroit pas l'effet de cette différence d'activité de la composition en augmentant la quantité de cette composition; outre qu'il a des bornes par de-là lesquelles, elle ne doit pas être employée. Car une quantité de bois, de soufre, ou de quelque matière combustible que ce soit, double d'une autre, & mises toutes deux en même-temps dans des feux égaux, seront brûlées en moins du double du temps.

Une règle naît encore des remarques précédentes, c'est qu'il est toujours plus avantageux de remplir le fourneau de fer plat, que de fer carré; que de deux barreaux de même longueur & de même pesanteur, ou solidité, le plus mince deviendra acier en moins de temps que le plus

60 L'ART DE CONVERTIR

épais. Par exemple, de deux barreaux d'un pied de long chacun, que l'un ait un pouce de large, & trois lignes d'épaisseur, & que l'autre soit forgé quarrément, ayant six lignes sur chaque face, ils sont égaux en solidité ou en pesanteur; mais le barreau plat sera bien plus promptement changé en acier que le barreau épais.





TROISIEME MEMOIRE.

Qui apprend à faire les essais en petit.

LE premier usage des remarques du Mémoire précédent sera de nous conduire dans les essais en petit. Outre que ces essais peuvent être du goût de ceux qui aiment les expériences ou de ceux qui voudront contribuer à perfectionner notre art, ils sont absolument nécessaires pour ceux qui voudront entreprendre en grand la conversion du fer en acier. Ce que nous avons dit des compositions a appris qu'elles doivent être dosées différemment, & même employées en différente quantité, pour des fers de qualités différentes, ce qui sera encore confirmé, & plus expliqué dans le mémoire, où nous examinerons les différentes sortes de fer par rapport aux dispositions qu'ils ont à devenir acier. Nous tâcherons, à la vérité, dans ce même mémoire, de déterminer les caractères de chaque fer, & ce qu'on en doit espérer; mais les règles que nous donnerons alors, ne sont pas susceptibles d'un assez grand degré de certitude pour dispenser des essais; ils sont la voye la plus sûre pour reconnoître comment il faut traiter l'espèce de fer qu'on a à convertir en acier. Peu de

62 L'ART DE CONVERTIR

jours suffisent pour expédier toutes les expériences nécessaires pour donner des éclaircissements suffisants ; & ces expériences peuvent épargner bien des frais inutiles, & mettent en état de travailler ensuite avec certitude.

On est maître de faire les essais aussi en petit qu'on voudra ; si on a plusieurs sortes de fers à éprouver, on ne sçauroit commencer par le faire trop en petit ; il y a toujours plus d'épargne ; la grandeur des creusets sera proportionnée à la quantité de fer qu'on y voudra renfermer.

On peut se servir de creusets de toutes figures, mais il y en a de plus commodes les uns que les autres, selon les circonstances ou on en veut faire usage. Pour faire un grand nombre d'essais à la fois, il n'y en a pas qui conviennent mieux, que des creusets quarrés longs, faits en forme de boîste peu profonde, * je ne sçauois dire combien j'en ai employé qui n'avoient qu'environ trois pouces de longueur, un de largeur & guère plus d'un pouce de profondeur. On y peut placer facilement deux à trois morceaux de fer, * minces, mais cependant d'une épaisseur & d'une longueur suffisante pour être travaillés, quand ils seront convertis en acier.

* Pl. 1. A,
B, C, D.

* R.

La commodité qu'on trouve dans les creusets de cette figure, c'est à les arranger les uns au près des autres, & les uns sur les autres ; * on en lute plusieurs ensemble, & ainsi on en fait une pile qu'on expose tout à la fois au feu, com-

Pl. 2. G.

LE FER FORGE EN ACIER. 63

me on y exposeroit un seul & grand creuset. Avant d'arranger les creusets pour en composer ce massif, on aura soin de les numérotter ; ce qui est toujours facile ; ou d'écrire l'ordre dans lequel on les a arrangés, & d'écrire en même-temps l'espece de fer, & la dose de composition que contient le creuset de chaque numero ; si on s'en fioit à la mémoire, on ne feroit pas assez sûr d'où viendroient les différences qu'on trouveroit dans le succès des épreuves.

Les creusets quarrés, * peuvent être employés comme les quarrés longs, mais ils sont moins propres pour les plus petits essais. De grands creusets quarrés peu profonds peuvent aussi tenir lieu de plusieurs creusets oblongs, & cela en les partageant en diverses parties par des cloisons de terre, ou même de tole. *

* Pl. I. F.
L. G.

Il y a des circonstances où l'on peut aussi se servir de creusets ronds & profonds, mais ce n'est guère que quand on veut faire un seul essai à la fois, & encore quand le feu où on les doit placer permet qu'on les couche. Nous en expliquerons la raison.

* N. OO.
PP, QQ.

Les creusets doivent avoir des couvercles de la même terre dont ils sont faits. On pourroit les faire pareils à des dessus de boiste, * mais là façon en seroit plus longue. Il y a deux autres manieres propres à les bien ajuster, quoiqu'on les laisse plats ; sçavoir ou de creuser une coulisse tout au tour du bord supérieur du creu-

* C. 2.

fer , avant que le creuset soit cuit. La façon de
 * I, K. cette coulisse n'est ni longue ni difficile * ; ou
 de couper une feuillure autour du bord du creu-
 * D, F. set , * & une pareille au tour du bord du cou-
 * E, G. vercle. * Ces deux manieres sont bonnes , mais
 les coulisses sont préférables aux simples feuillu-
 res. Pour les creusets ronds , on leur fera des
 couvercles , ou plutôt des bouchons comme ceux
 des bouteilles ; le mieux pourtant sera de laisser
 à ces bouchons de quoy recouvrir les bords du
 * e, f. creuset. *

Après tout quelque exactement que le couver-
 cle s'applique sur le creuset , il seroit mal-aisé
 qu'il ne laissât aucun vuide , aussi faut-il toujours
 * v, x, x. luter les jointures. * Quand on luterait tout
 le creuset , il n'en seroit que plus sûrement clos.
 Le lut défend souvent la composition contre les
 accidents qui peuvent survenir à l'occasion de quel-
 que fente qui se fera faite aux parois ; le lut les
 couvre ; & même lorsqu'il vient à se fondre , il
 coule dans les fentes , & quelque fois les bouche
 assés bien.

Le lut dont on a besoin n'est qu'une simple ter-
 re sablonneuse ; il est inutile d'y mesler du verre
 pilé , du sel , & de la limaille de fer , comme on
 le pratique dans diverses autres occasions. Si on
 étoit embarrassé à se faire une idée du point où
 cette terre doit être sablonneuse , on n'a qu'à en
 prendre de pareille à celle dans laquelle les fon-
 deurs , en cuivre & en fer , moulent leur ouvra-

LE FER FORGE' EN ACIER. 65
ge, & qu'ils appellent du sable à mouler. C'est un
sable gras, un sable dont les grains tiennent en-
semble, à cause de la terre avec laquelle ils sont
mêlés. Du sable le plus sec détrempé avec de la
terre seroit propre à faire un pareil lut. Pour la
maniere de s'en servir, tout se réduit à détremp-
per cette terre sablonneuse avec de l'eau à con-
sistance de pâte, & à l'étendre sur les endroits qu'on
veut luter.

Nous ne dirons rien ici de la terre propre aux
creusets; mais si on veut être instruit de celle qui
leur convient, on le fera dans le memoire sui-
vant.

Les Potiers les feront de la figure dont on les
souhaitera. Si on n'avoit pas de Potier sous sa
main, & qu'on voulût les faire soi-même, on y réus-
siroit aisément. Il faut avoir un moule. Le moule
nécessaire ici n'est qu'une piece de bois qui ait la
forme qu'on veut qu'ait le creux du creuset, * R, T 6, g;
& de plus une poignée pour le tenir à la main
pendant qu'on le couvre avec la terre préparée,
& qu'on tape cette terre. L'ouvrage est si sim-
ple qu'on pourra l'exécuter, sans avoir besoin d'at-
tendre que nous fassions imprimer ce que nous
avons rassemblé sur cette matiere dans l'art du Po-
tier de terre.

Avant d'arranger le fer dans les creusets, il faut
les avoir fait cuire. C'est ce à quoy le Potier ne man-
quera pas. Et avant de les faire cuire, il faut
les faire bien sécher; ce dernier avertissement n'est

encore que pour ceux qui les feront eux-mêmes. Faute de fourneaux propres à les cuire, on les couvrira de charbons noirs, qu'on allumera peu à peu. Une cuisson longue ne sçauroit rien gâter & quand ils ne seroient que mediocrement cuits, ils ne laisseroient pas d'être bons. En cas de besoin, au lieu de creusets, on peut se servir de tous pots qui seront d'une terre qui résiste au feu. Nos pots de grés, par exemple, connus encore dans le Royaume sous le nom de pots à beurre, y sont propres, pourvû qu'on les lute bien, & qu'on les chauffe peu à peu; une fois échauffés ils soutiennent la plus grande chaleur. Un Tuileau arrondi, mis par dessus le pot, & bien luté tiendra lieu de couvercle.

Dans les essais, très en petit, on ne s'en tiendra pas à la dose de composition que nous avons donnée dans le premier memoire. Plus les essais sont en petit, & plus il en faut augmenter la quantité par rapport à celle du fer; & cela parce que la composition qui est proche des parois du creuset est exposée à se brûler, & que les petits ayant plus de surface, par rapport à ce qu'ils contiennent, que les grands, il y a plus de matiere qui s'y brûle.

Les creusets choisis, & les compositions préparées, on mettra dans le fond du creuset un lit de composition; sur le lit de composition un lit de fer, qui sera de plusieurs ou d'un seul morceau, selon que la largeur du creuset le permet-

LE FER FORGÉ EN ACIER. 67

tra. Pour peu qu'il reste d'intervalle entre les morceaux de fer d'un même lit, il en reste assés; mais ils ne doivent pas être si proches des parois du creuset. Sur cette couche de fer on mettra la seconde couche de composition; * & si la gran- y, z.
deur du creuset le permet une seconde couche de fer, au dessus de laquelle on mettra une troisième couche de composition.

Quelque soit le nombre des couches de fer, on commencera & finira toujours par une couche de composition. Ces deux, & sur tout celle du dessus, doivent toujours être plus épaisses que les autres; étant plus proches des parois; celle de dessus peut prendre plus d'air. Quand les couches de composition qui seront entre celles de fer, étant bien pressées, auront environ deux lignes d'épaisseur, c'en fera assés; on laissera pourtant un vuide, mais très-petit, entre le couvercle & la dernière couche. Ce couvercle mis en place, on le lutera; quand le lut sera sec, le creuset sera en état d'être porté au feu.

Le Memoire précédent nous a appris l'avantage qu'il y a à employer du fer mince. Quand on n'aura en vuë que de petits essais, on fera étirer les morceaux de fer qu'on voudra éprouver en lames épaisses de deux ou trois lignes au plus, & larges de cinq à six lignes.

Les creusets ronds sont incommodés en ce qu'on n'y scauroit coucher le fer par lits; les morceaux de fer se trouveroient trop courts, si ces creusets

n'avoient un diametre d'une grandeur extraordinaire; d'ailleurs il y auroit beaucoup de places qu'on ne pourroit remplir. Quand on veut faire usage de ces sortes de creusets, il faut donc commencer par les remplir en partie de composition, & larder ensuite dans cette composition les barreaux ou lames de fer. * Ces barreaux ou lames sont verticales, quand le creuset est debout; de sorte que si le creuset ne chauffe pas également dans toute sa hauteur, une même lame, un même barreau se trouve, en differents endroits, acier de differente qualité. Il est plus rare que cela arrive à une barre placée horizontalement; un creuset chauffe à peu près également partout à une même hauteur.

Aussi lorsqu'on a des essais à faire un peu en grand, par exemple, sur huit livres, ou dix livres de fer, on doit toujours prendre des creusets quarrés longs, ou quarrés & d'une hauteur proportionnée au fourneau, & à la quantité du fer qu'on veut essayer.

Par tout où il y a des fourneaux à brique, à poterie, à fayence, à chaux, à plâtre, &c. on pourra faire commodément ces essais. Les creusets bien lutés, chacun séparément, & si on l'a jugé plus à propos lutés ensemble pour faire une masse, seront placés dans les endroits de ces fourneaux, où la chaleur est la plus forte. S'il n'arrive point d'accidents aux creusets, si ils ne se fondent point, & qu'on les ait remplis de fer bien mince, ces

LE FER FORGE' EN ACIER. 69

fers pourront être convertis en acier, dans le temps nécessaire pour cuire les terres, ou calciner les pierres, dont les fourneaux sont chargés; si ils ne l'étoient pas entièrement on les remettra une seconde fois au même feu.

On ne trouve pas par tout des fourneaux pareils à ceux-ci, & par tout on trouve des forges de Serruriers, Couteliers, Taillandiers, Maréchaux, & autres Ouvriers en fer; or toute forge de cette espece peut être renduë convenable, pour les épreuves, & on peut même les y expedier très-promptement. On fait de la forge une espece de fourneau, il ne faut pour cela qu'avoir un ferre-feu semblable en quelque sorte à ceux que les Orfèvres mettent à leurs forges, quand ils veulent y fondre de l'argent; le ferre-feu, dont nous avons * besoin ici, est une piece de terre ^{Pl. 1. R.} cuite, ceintrée; ou pour le mieux encore, c'est ^{Pl. 2. A, B.} une piece de terre qui a trois côtés dont deux se trouveroient perpendiculaires au troisiéme, si les angles qui les joignent n'étoient pas arrondis. En ce cas un de ces côtés, celui qui doit être en devant de la forge, est plus court que les autres. * Pour la grandeur & hauteur de ce ferre-feu, ce ^{* Pl. 2. B.} qui doit la regler, c'est la quantité des essais qu'on veut faire à la fois. De plusieurs ferre-feu mis les uns sur les autres, on en composera même une espece de fourneau. * ^{* O, P.}

Sur le champ on peut faire à toute forge quelque chose d'équivalent au ferre-feu, si on a des

70 L'ART DE CONVERTIR

pierres de grès , qui résistent médiocrement à la chaleur ; des briques , des morceaux de terre cuite disposées les unes sur les autres en peuvent encore tenir lieu. Au milieu de cette espee de petit fourneau on place ses creusets sur quelque brique , ou tuileau , qui se trouve un peu plus élevé que la tuyere. On remplit de charbon tout le vuide , qui reste entre le mur de la forge , & les parois du serre-feu , & on fait jouer le soufflet d'abord plus lentement , & ensuite à volonté. Toutefois on sera attentif à faire en sorte qu'il y ait toujours une certaine quantité de charbon entre la tuyere & les creusets. Si le vent étoit poussé immédiatement contre les creusets , il les refroidiroit ; au contraire , si le vent trouvoit en son chemin peu de charbon , que la flamme fût dardée directement sur les creusets , sans avoir été rompuë , elle les fonderoit , si ils n'étoient pas d'une excellente terre. Il est encore à propos de ménager au tour du serre-feu des vuides , afin que le vent circule ; & pour l'y mieux déterminer , on peut laisser quelque ouverture au côté du serre-feu , qui est parallele au mur de la forge.

Cette façon de chauffer est très-commode , quand on ne veut faire que peu d'essais à la fois ; & si on n'en veut faire qu'un , c'est , de toutes les façons de le faire , la plus prompte ; pour un seul essay même , il n'est pas besoin de l'appareil du serre-feu , quelques briques , ou pierres suffisent pour contenir les charbons ; on pourroit même

LE FER FORGE EN ACIER. 71

s'en passer. Dans ce cas, d'un seul essay fait à la forge, je préfère le creuset rond, je le prends formé en vrai Cylindre creux * qui entre ses parois a partout en viron deux pouces de diamètre, & sept à huit pouces de longueur. Après avoir mis de la composition dans ce creuset, on y fera entrer deux ou trois morceaux de fer plat, ou de fer en lames. On achevera de le remplir de composition, on le bouchera, & lutera le bouchon, après quoy on couchera le creuset dans la forge, on le couvrira de charbons allumés. L'Ouvrier, qui d'une main tirera la chaîne du soufflet, * doit tenir de l'autre des tenailles avec lesquelles il retournera le creuset de temps en temps; & c'est pour avoir plus de facilité à retourner ce creuset, qu'il est avantageux de le faire rond. Alors on force le vent du soufflet plus hardiment, parce que l'endroit sur lequel la flamme a le plus agi, & qui seroit exposé à se fondre, s'il étoit continuellement exposé à ce plus d'ardeur, est chauffé un peu moins vivement quand le creuset est retourné. C'est ce qui donne le moyen de finir l'épreuve en deux ou trois heures au plus, & quelquefois dans une heure.

On peut même dans ce cas se servir de charbon de terre, au lieu de charbon de bois; & l'opération n'en sera que plus prompte.

Si on le veut, au lieu de coucher le creuset, on le placera de bout; quoy qu'il ait peu d'assie-

* Pl. 2. d.

* Fig. 1.

72 L'ART DE CONVERTIR

te, il est aisé de le soutenir avec le charbon; mais lorsqu'il est de bout, il n'est pas si facile de le retourner que lorsqu'il est couché.

Pour faire des essais un peu plus en grand, comme de huit à dix livres de fer à la fois, & pour faire ces essais promptement, le plus commode des fourneaux est celui des Fondeurs ordinaires de cuivre, de ceux qui fondent tous les menus ouvrages de ce metal. Nous aurons besoin plus d'une fois de parler de ce fourneau, & autant vaut le faire connoître à présent, que d'attendre plus tard. Ses parois renferment

* Pl. 2. *aa*,
bb, c, dd,
un trou *, dont la coupe prise à quelque hauteur que ce soit, est un quarré, dont les côtés ont chacun environ sept pouces. La profondeur de ce trou est assés communément de vingt-cinq à vingt-six pouces; cette profondeur, ou ce qui est la même chose, la hauteur du fourneau est partagée en deux parties inégales par une plaque de fer, * qui d'abord a été forgée quarrément, & de grandeur égale à la coupe horizontale du vuide du fourneau, & dont les quatre angles ont été ensuite abbattus *. La partie du fourneau

* O.
* a.

qui est au dessus de la plaque, * est le cendrier; la hauteur de cette partie est sur-tout celle qui est arbitraire. La plaque est à proprement parler le fond du fourneau; depuis cette plaque jusqu'au bord supérieur, il y a environ dix-sept pouces. C'est sur cette plaque qu'on pose le creuset, qui contient le metal qu'on veut fon-

dre,

dre, ou échauffer. Les charbons entourent ce creuset à peu près également de toutes parts. Ils sont allumés par le vent d'un soufflet double : un tuyau conduit le vent de ce soufflet dans la partie que nous avons nommée le cendrier, & de-là il passe avec rapidité dans le fourneau par les quatre trous que laissent à chaque coin les quatre échancrures de la plaque de fer ; elle touche par tout ailleurs les parois du fourneau ; ces échancrures sont circulaires.

On couvre ce fourneau d'un couvercle plat, qu'on ajuste le mieux qu'on peut sur les bords supérieurs du trou ; les vuides qui restent dans les endroits , où il ne s'applique pas parfaitement , donnent une issue suffisante à l'air.

Les parois de ces sortes de fourneaux sont faites de briques arrangées de plat, les unes sur les autres ; mais pour mieux conserver ces parois , pour n'être pas obligé de les démolir quand le feu les a minées , on les revest de carreaux dont la largeur est égale à celle des faces. Ces carreaux s'appellent la chemise du fourneau. Quand on a à le raccommoder, on n'a qu'à lui donner une chemise neuve. Pour même aggrandir, ou rétrécir ce fourneau à sa volonté, entre la brique & la chemise, on met une couche de terre qui résiste au feu. Ce qu'on ôte à l'épaisseur de cette couche, quand on change de chemise, on le donne à la grandeur du fourneau.

La plaque de fer a pour supports deux petites

barres de fer, qu'on peut ôter & remettre; ce qui donne aussi la facilité d'ôter la plaque dans quelques circonstances où cela est nécessaire au Fondeur, mais qui ne regardent pas l'usage où nous destinons à présent ce fourneau.

On y peut faire les essais d'acier avec des creusets pareils à ceux des Fondeurs; mais comme nous l'avons dit, il faut que le fer y soit de bout, ou que les morceaux soient bien courts. Le mieux est donc de faire faire des creusets quarrés longs*, on leur donnera hardiment autant de largeur qu'un des côtés du fourneau a de longueur; mais leur épaisseur doit être telle que le creuset n'aille pas jusqu'aux bords des trous par où le vent a son entrée.

Si on ne se servoit pas à cet usage d'un fourneau de Fondeur déjà fait, qu'on en voulût bâtir un, alors il faudroit construire ce fourneau plus large dans un sens que dans l'autre; & cela afin que le creuset qu'on y pourroit placer, ne fût pas aussi plat que le sont ceux que peuvent recevoir les fourneaux ordinaires.

Ce creuset ne sera pas entouré de charbons de tous côtés, comme le sont les creusets ronds; il chauffera néanmoins suffisamment; on sera même attentif à ne le pas chauffer aussi fort qu'on le pourroit; à ne pas tirer le soufflet trop vite; autrement on pourroit faire fondre le fer: quand les parois du creuset seront devenues blanches, on tâchera de les entretenir dans cette couleur.

LE FER FORGE' EN ACIER. 75

de le empêcher de redevenir rouges ; mais on ne donnera de feu que ce qu'il en faut pour cela.

Quoyqu'on n'y mette qu'un seul creuset, on pourra éprouver à la fois plusieurs fers, & même, si l'on veut, plusieurs compositions. Si on veut essayer plusieurs fers, après les avoir fait forger de l'épaisseur qu'on les souhaite, & les avoir fait couper en morceaux de longueur convenable, on marquera chaque fer d'une lettre, ou de quelqu'autre marque : qu'on ait trois fers l'un marqué A, l'autre B, & l'autre C. Si la largeur du creuset permet qu'on arrange ces trois morceaux dans chaque lit, on changera leur ordre, à mesure qu'on fera de nouveaux lits. Si dans le premier on les a mis dans l'ordre suivant, A, B, C, dans l'autre on pourra les mettre dans l'ordre, A, C, B, dans l'autre dans l'ordre B, A, C, & ainsi de suite.

Si on veut essayer plusieurs compositions sur le même, ou les mêmes fers, le grand creuset tiendra lieu de plusieurs petits. On aura des plaques de tole, ou de terre cuite, qui ne sçauroient être trop minces ; on mettra une de ces plaques horizontalement chaque fois qu'on voudra changer de composition. Un peu de terre détrempée à consistance de pâte & étendue au-dessus du dernier lit de la composition qu'on a employée, peut aussi servir pour séparer suffisamment celle-ci de la nouvelle composition qu'on voudra éprouver.

Mais en cas qu'on voulût construire exprès un

76 L'ART DE CONVERTIR

fourneau d'essais, & purement pour des essais, je ne conseillerois pas d'en bâtir un pareil à ceux des Fondeurs, il le faudroit faire semblable en petit à ceux que nous allons décrire pour le travail en grand. Les memoires suivants apprendront aussi à quelles épreuves on doit mettre les aciers venus des essais, pour s'assûrer si ils ont toutes les qualités convenables.



Explication de la premiere planche.

A, B. Petits creusets quarrés-longs, propres pour les plus petits essais.

C, D. Autres creusets quarrés-longs, un peu plus grands.

C 2. Couvercle pour le creuset C, fait en dessus de boiste.

E. Couvercle du creuset D, qui est en feüillure vû par dessus.

F. Creuset quarré, ou presque quarré.

G. Couvercle du creuset F, ce couvercle est vû retourné.

H. Coupe de ce couvercle.

I. Creuset quarré-long, dont le couvercle entre en coulisse. K, son couvercle qui n'est encore entré qu'en partie.

L, M. Creusets quarrés plus grands que les précédents.

N. Creuset qui équivaut seul à plusieurs au moyen des cloisons, O O, P P, Q Q

R. Lame de fer propre à être mise dans un des petits creusets.

S Moule à creuset quarré,

T. Le même moule qu'on a commencé à recouvrir de terre.

V, X, X. Creuset rempli de fer & de composition, & dont le couvercle est lûé. Le lut paroît en X, X.

K. iij

Y, Z. Creuset luté, dont on a coupé un des bouts pour montrer, comment les lits de fer sont séparés par des lits de composition. C'est ce qu'on voit en Z.

a. Creuset rond de forme ordinaire qui a été rempli de composition, dans laquelle des lames ou barreaux de fer ont été lardés. b, Un barreau de fer qui n'est encore entré qu'en partie.

c. Moule, ou mandrin sur lequel on fait des creusets pareils au creuset, a.

d. Creuset cylindrique.

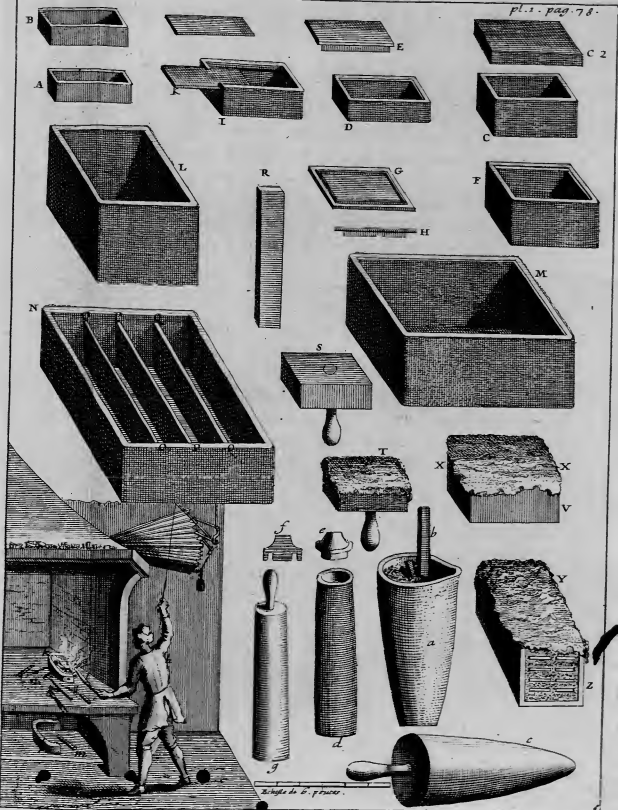
e. Le couvercle du précédent creuset.

f. Coupe de ce couvercle.

g. Moule, ou mandrin à creuset cylindriques.

La fig. h, i, k, l, n'est pas faite sur la même échelle que les précédentes. h, est un Ouvrier qui tient au feu, avec des tenailles, un creuset cylindrique tel que le creuset, d; i, Ce creuset. k, serre-feu, qui retient les charbons. l, Ce même serre-feu représenté sous la forge. m, Le creuset rond.





Explication de la seconde planche.

A, B, est le même serre-feu de la planche précédente représenté plus en grand.

C. Un creuset rond couché dans le serre-feu.

D, E, F. Trois petits creusets arrangés pour faire la base d'une pile.

G. Pile de petits creusets.

G 2. Pile de petits creusets lutée.

K, K. Deux pieces de terre cuite, qui ensemble forment un serre-feu.

I, I. Serre feu fait des deux pieces précédentes.

H. Pile de creusets en place au milieu du serre-feu.

L. Serre-feu au milieu duquel est un creuset ordinaire.

M. Deux serre-feu mis l'un sur l'autre pour renfermer une plus haute pile de creusets.

NN, O O, P, est partie d'une forge, où le soufflet n'a pas été représenté. On imagine aisément où il doit être.

O, P. Plusieurs pieces pareilles à celle des serre-feux arrangées les unes sur les autres pour former une espece de fourneau, où sont les creusets d'essais. Le soufflet pousse le vent dans le bas de cette espece de fourneau.

Q. Couvercle d'un fourneau à essais.

R, R, S, est le devant d'un fourneau à essais, dont on ne donne ici aucun développement. Les desseins du grand fourneau à acier, qui viendront dans la suite, expliqueront assés la construction intérieure de celui-ci, qui

ne differe presque de l'autre que du petit au grand.

a a, b, c, d d, e. Fourneau de Fondeur en cuivre pour tous les menus ouvrages. On a emporté le devant de ce fourneau pour en faire voir l'intérieur. On a cru inutile de faire dessiner le soufflet; son vent est conduit par un tuyau dans la cavité dont l'ouverture paroît en e. Cette ouverture est bouchée quand le soufflet va. e, est l'ouverture du cendrier.

d, d. Barres qui soutiennent la plaque de fer qui est le véritable fond du fourneau. Un creuset ordinaire est ici posé sur cette plaque. a a, a b, b c, sont les carreaux supérieurs qui revestent l'intérieur, ou qui font partie de la chemise. Par de-là cette chemise il y a une couche de terre dont on peut augmenter ou diminuer l'épaisseur, selon qu'on veut augmenter, ou diminuer la capacité du fourneau : le reste est de brique.

f. Creuset ordinaire.

g. Son bouchon.

k, k, est le même fourneau dans lequel est placé un creuset quarré-long. i.

l. Ce creuset vu hors du fourneau.

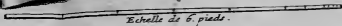
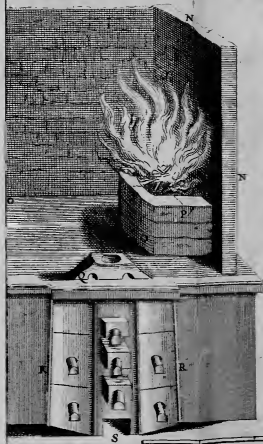
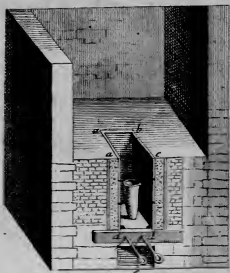
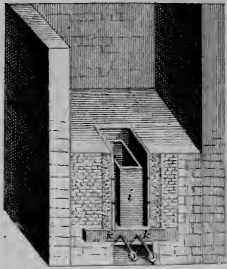
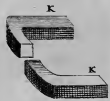
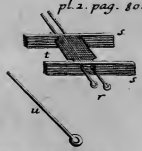
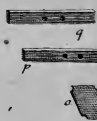
m. Son couvercle.

o. La plaque sur laquelle posent les creusets.

p, q. Deux bandes de fer au travers desquelles passent les pieces qui soutiennent la plaque.

r, s s, t, fait voir comment les deux pieces de fer r, passent au travers des bandes s, & soutiennent la plaque, t.

u. Une des pieces qui portent la plaque.



Echelle de 6. pieds.



QUATRIEME MEMOIRE.

Où l'on donne la construction d'un nouveau fourneau, qu'on croit le plus avantageux de ceux qui peuvent estre employés à la conversion du fer en acier, & où l'on fait quelques réflexions générales sur les autres fourneaux.

POur faire de l'acier en petit, tant qu'il n'est question que d'expériences pour s'instruire, tout fourneau est bon; il n'en est pas de même lorsqu'on vient au travail en grand qui doit se faire avec le moins de dépense qu'il est possible. Je ne sçai point, qu'on ait donné au public de descriptions, ni de desseins des fourneaux où la conversion du fer en acier s'acheve en grand; apparemment, que dans le pais où on y travaille, on ne seroit pas plus d'humeur à laisser prendre les dimensions des fourneaux, qu'à reveler les compositions qu'on employe pour opérer cette conversion. Les Ouvriers ont plus en vue leurs petits avantages que le bien général, ils font mystere de tout. Je connois d'autres especes de fourneaux, dont ils sont jaloux, & qu'ils cachent de leur mieux. Ce que Jousse, & quelques autres Auteurs disent en

passant des petits fourneaux où l'on met des creusets pleins de barres de fer & des ingrédients convenables, ne peut être compté pour une instruction.

Tous ceux qui ont fait des tentatives pour convertir les fers du Royaume en acier, ont fait construire de grands fourneaux qui ressembloient en partie ou aux fourneaux à poterie de terre, ou aux fourneaux de verrerie. Depuis quelques années il y en a eu deux de bâtis par des Anglois, qu'ils prétendoient semblables à ceux dont on se sert en Angleterre pour le même usage : l'un l'a été à Harfleur ; M. Lavv soutenoit cette entreprise ; l'autre l'a été à S. Germain en Laye. Ils avoient des bancs pour y placer les creusets, où le fer étoit renfermé, pareils, en quelque sorte, aux bancs des fours des verreries sur lesquels les pots sont posés. J'ai vû le dernier de ces fourneaux, M. le Duc de Noailles avoit fourni aux frais de sa construction dans la vuë de procurer un établissement utile au public.

Quelques soient les fourneaux dont on s'est servi pour notre opération, il est incontestable que les plus avantageux sont ceux où l'on peut produire le même effet avec une moindre consommation de bois ou de charbon. Comme il est plus aisé de chauffer un petit fourneau, & les matieres qu'il renferme, qu'un grand fourneau & les matieres qu'il renferme ; en général l'opération s'acheve plus promptement dans les petits, que dans

les grands fourneaux : dans les uns la conversion du fer se fera plus promptement, & dans les autres on en convertira davantage à la fois. Mais si ces deux avantages se compenſent à peu près également, alors les petits fourneaux paroissent mériter la préférence ; je veux dire que si dans un petit fourneau on convertit en acier une certaine quantité de fer, en recommençant l'opération à plusieurs fois, & que pendant le même nombre de jours & avec la même quantité de bois, on ne convertisse en acier dans un grand fourneau, d'une autre forme, que la même quantité de fer que dans le petit fourneau ; qu'alors le petit fourneau doit être préféré ; si, par exemple, un grand fourneau contient à la fois cinq milliers de fer, mais qui ne peuvent y être rendus aciers qu'en dix jours de feu continuel ; & qu'un petit fourneau ne puisse recevoir à la fois que 500. livres de fer, mais qui y sont rendus acier en 24. heures avec la même quantité de bois ; le temps employé à charger & décharger le fourneau compris ; alors le petit fourneau mérite d'être préféré ; il coûte moins à bâtir ; les risques ne sont pas si grands, dès qu'il y a à la fois moins de fer dans le fourneau ; enfin il est plus agréable & plus commode par bien des considérations d'achever l'opération en peu de temps.

Nous avons vû dans le second memoire que l'acier qui a été fait le plus promptement, ne le cede en rien à celui qui a été fait avec lenteur.

Or dès qu'il ne tire aucun avantage de la longueur de l'opération, il n'y a pas à balancer à choisir la voye la plus prompte; ce n'est pas seulement pour ce qu'on peut gagner du côté du temps, c'est qu'on gagne aussi du côté de la consommation des matieres combustibles. L'effet qui est produit par une plus grande ardeur de feu surpasse beaucoup ce que cette augmentation d'ardeur a consumé de plus en bois, & en charbon. Une grosse barre de fer, entourée d'un très-petit feu, quelque temps qu'on entretint ce feu, ne parviendroit jamais à prendre une couleur d'un rouge blanchâtre, au lieu qu'une partie du charbon, qui auroit été jeté peu à peu, étant allumé à la fois donneroit promptement à la barre ce degré de chaleur.

Mais le plus grand des moyens d'augmenter l'activité du feu, c'est de faire qu'il soit poussé par le vent, & c'est encore une augmentation de force qui surpasse beaucoup ce qu'il en coûte de plus en matiere combustible. La lampe des Emaillieurs nous fournit une preuve de l'une & de l'autre de ces propositions; au moyen du soufflé de l'Emailleur la flamme de sa lampe ramollit le verre dans un instant, sans que la dépense de l'huile en soit beaucoup plus grande; dix fois, cent fois, autant d'huile brûlée en même-temps, sans darder la flamme par le soufflé, ne produiroit pas autant d'effet.

Les réflexions précédentes m'ont déterminé en partie à chercher à faire l'acier dans des fourneaux où l'ardeur du feu fût excitée par des soufflets;

LE FER FORGE' EN ACIER. 85

on est maître de la pousser au point où on le veut dans ces sortes de fourneaux, il n'y a qu'à forcer plus d'air à y entrer; on peut aussi moderer cette ardeur en introduisant moins d'air. J'ai d'abord fait un usage du fourneau à Fondateur décrit dans le memoire précédent. * M'ayant bien réussi dans les * Pl. 2. essais sur 10, ou 15 livres de fer; pour m'assurer si on y pourroit travailler en grand avec le même succès, j'en ay d'abord fait construire un où l'on pouvoit placer environ 300 liv. de fer. Lorsque je suis venu à éprouver ce nouveau fourneau, j'ai rencontré bien des obstacles auxquels je ne m'étois pas attendu: je vais les rapporter, ils feront connoître la nécessité des changements que j'y ai faits; & donneront du penchant à croire que c'est pour n'avoir pas assez cherché à vaincre ces obstacles, qu'on a abandonné cette sorte de fourneau, & qu'on en a choisi où l'opération s'acheve beaucoup plus lentement, & à plus grands frais.

Je ne répéterai point que c'est avec du charbon de bois, qu'on chauffe ce fourneau; si on veut profiter de toute l'ardeur qu'on peut donner ici à ce charbon, on ne scauroit renfermer le fer dans des caisses de tole, ou de fonte de fer. La tole seroit bientôt brûlée & la fonte bientôt mise en fusion. Pour épreuve, j'arrangeai une fois mes barres dans une marmite de fonte de fer d'épaisseur ordinaire; quoyque j'eusse quelque attention à ne pas donner au feu toute l'activité qu'on pouvoit lui donner, la marmite ne tint pas une heure;

elle se fondit, & se trouva percée en plusieurs endroits. La tole, même épaisse, ne seroit pas d'un usage plus sûr.

Il faut donc s'en tenir à des creusets de terre, ou à quelque chose d'équivalent. Les creusets ronds ne conviennent point; on peut se rappeler les raisons qui ont été indiquées dans le memoire précédent. J'en fis faire des quarrés-longs, qui dans le sens où ils avoient le plus de largeur occupoient toute celle du fourneau; leur capacité étoit telle qu'ils pouvoient contenir soixante & quinze livres de fer, avec les ingrédiens nécessaires pour leur conversion. En les faisant plus grands, j'eusse craint de les rendre trop difficiles à manier, à placer dans le fourneau, & encore plus à les en ôter. Pour tirer parti de toute la hauteur de ce fourneau, je fis mettre en pile quatre creusets pareils les uns sur les autres. On aura un image de cet arrangement si on s' imagine le fourneau marqué, *kk*, pl. 2. bâti sur une plus grande échelle; & qu'au lieu de creuset, *I*, il en contient plusieurs dont les séparations sont marquées dans cette figure par les lignes ponctuées. Mais voici le grand inconvenient d'une disposition pareille. Le creuset du fond se trouve chargé du poids des trois autres. Cette charge qui est aisément soutenue par le creuset froid, le presse trop lorsqu'il a été ramolli par une violente chaleur. Ses parois s'entrouvent & quelques fois s'affaissent; le creuset est quelques fois entierement écrasé; tout se boul-

verse, on est heureux si on est quitte, pour la perte de ses creusets, du charbon & des ingrédients, car souvent une partie du fer se brulle; c'est de quoy j'ai fait diverses expériences, & même dans des circonstances où le creuset inferieur n'étoit pas a beaucoup près aussi chargé que je viens de le supposer. Quand le fer ne seroit contenu que dans deux creusets, l'inferieur auroit trop de charge. Il faut pourtant profiter de la profondeur de ces fourneaux, si on veut y travailler avec avantage.

Les creusets qui s'entr'ouvrent, sont au rang des accidents qui arrivent même dans les fourneaux, ou la chaleur est plus modérée, ou l'opération se finit plus lentement. Le creuset est rempli de drogues qui se rarefient quand elles commencent à s'embraser. Les couches inférieures de ces drogues sont pressées par le poids des barres supérieures; elles ne sçauroient, à la vérité, se gonfler sans soulever un peu ces barres; mais elles font un pareil effort contre les parois & le fond du creuset. D'ailleurs les parois se tourmentent nécessairement à mesure qu'elles s'échauffent, elles tendent à s'allonger; elles ne s'allongent pas de tous côtés en même proportion; le côté qui tend à s'allonger le plus quitte l'autre, il se fait une fente

Enfin si on met des creusets les uns sur les autres, il y a nécessairement de la place perdue, toute celle qui est occupée par le couvercle, & le fond des deux creusets qui se touchent; & par ce qui se trouve de vuide entre eux.

Un creuset, qui contiendrait seul le fer distribué dans plusieurs, seroit moins sujet à quelques-uns des inconveniens précédents, mais il en auroit de particuliers. Il seroit difficile, comme nous l'avons déjà dit, de le mettre dans le fourneau, à moins qu'on ne l'y mit pendant qu'il seroit vuide, & il seroit toujours difficile de l'en retirer. Enfin quand les creusets réussiroient, ils seroient une dépense de quelque objet, on n'oseroit s'y fier pour les remettre une seconde fois au feu.

Mais un des plus grands obstacles que j'ai trouvé contre l'usage des fourneaux à Fondeur, c'est que les trous, par où le vent y entre, sont exposés à se boucher souvent; quand il n'est question que d'y tenir le feu allumé deux ou trois heures, comme pour fondre du cuivre ou de l'argent, ce n'est pas une difficulté de déboucher ces trous; on frappe dessus le trou avec un ringard, & on force la matiere qui le couvroit à tomber dans le cendrier. Mais quand le fourneau est grand, que le feu y a été long-temps entretenu, les parois du fourneau, ceux des creusets fournissent beaucoup de matiere vertifiée, elle degoutte de toutes parts, elle coule vers les trous, & les bouche de manière qu'il est difficile de les ouvrir; encore ne restent-ils ouverts que pendant un instant: de nouvelle matiere vient bientôt les reboucher; chaque fois qu'on les rouvre, le fourneau se refroidit, ce qui cause une perte de temps, & de charbon considérable.

LE FER FORGE' EN ACIER. 89

Deux expédients, qui me semblent ce qu'on peut imaginer de plus simple, remedient parfaitement aux inconveniens qui viennent soit de la part des creusets, soit de la matiere vitrifiée qui bouche les trous par où le vent doit entrer. Pour remedier à ce dernier inconvenient, au lieu des quatre trous qui sont à fleur du fond du fourneau ordinaire, je place au fond du mien quatre Tuyeres pareilles à celles des forges des Serruriers, des Taillandiers, &c. Je fais poser ces Tuyeres verticalement, & de façon que leur ouverture supérieure soit élevée d'environ deux pouces & demi ou trois pouces au-dessus du fond du fourneau; & enfin que ces Tuyeres soient isolées, qu'elles ne touchent les parois en aucun endroit.

Le vent entrant dans le fourneau par des ouvertures qui sont trois pouces au-dessus du fond, il n'y a plus à craindre qu'elles se bouchent; quelque quantité de matiere vitrifiée qui s'amasse dans le fourneau, il n'y en a jamais assés pour qu'elle monte à trois pouces de haut sur toute la largeur du fourneau.

Si on choisit ces Tuyeres aussi fortes que celles des forges ordinaires, en un mot, faites de la figure, & dans les proportions de celles du dessein, on aura lieu d'être content de leur durée, quoyqu'elles ne soient même que de fonte de fer. Mais si on prenoit des Tuyeres minces, elles ne résisteroient pas, j'en ai eu la preuve dans mon premier essay: je me contentai de faire faire des Tuyeres de bar-

res plattes épaisses d'environ deux lignes, elles fondirent; leurs ouvertures furent bouchées par leur propre matiere; mais cela n'arrivera jamais lorsque les Tuyeres auront l'épaisseur de celles des forges communes.

A l'égard des creusets, voici ce que j'ai imaginé pour diminuer considérablement la dépense de leur façon, pour les empêcher d'être chargés du poids des barres qu'ils renferment, pour éviter de les poser en pile les uns sur les autres, pour qu'ils soient moins en risque de s'entr'ouvrir, & les rendre plus durables. Je n'abandonne point la terre, quand elle est bien choisie, elle est la meilleure matiere dont on les puisse composer; mais je substitue des plaques de terre cuite, coupées quarrément, aux creusets ordinaires. Deux plaques seules contiennent le fer qui demanderoit plusieurs creusets, & elles le défendent mieux contre l'action immediate du feu. Ces deux plaques suffisent pour renfermer trois à quatre cent livres de fer, & davantage si on vouloit.

Pour entendre comment deux plaques à peu-près quarrées, peuvent tenir lieu d'un creuset très-grand & très-seur, ou de plusieurs plus petits, il faut connoître les principaux changements que j'ai faits au fourneau ordinaire; en quoy notre nouveau fourneau en differe. Il n'est pas fixé à une grandeur déterminée; mais pour le décrire plus commodément, je m'arrêterai à un que j'ai fait construire qui n'est guère capable que de contenir 550. ou 600.

LE FER FORGE' EN ACIER. 91

livres de fer bien à l'aîse, & où pour-
roit en mettre davantage si le fer est épais. Nous
verrons dans la suite qu'on en construira d'aussi
grands qu'on les souhaitera sur le même principe.

Je donne une base quarrée, ou presque quarrée
au creux de ce fourneau, destiné à faire seulement
550. ou 600. livres d'acier à la fois. Deux des cô-
tés paralleles entre eux * ont chacun 23. à 24. pou-
ces & les deux autres * en ont chacun 21. à 22.
Le fourneau conserve les mêmes dimensions dans
toute sa hauteur qui est d'environ 32. pouces, en la
prenant depuis son bord supérieur jusqu'à son vé-
ritable fond * ; j'appelle son véritable fond, l'en-
droit où il est séparé d'avec le cendrier. *

Quand je viens de dire que l'intérieur de ce four-
neau étoit quarré dans toute sa hauteur, je n'ai vou-
lu en donner qu'une idée grossière ; ce qui fait le
principal artifice de sa construction, ce sont huit
coulisses ou retraites que je fais réserver depuis le
haut jusques en bas, pendant qu'on le bâtit ; elles
sont entaillées dans deux des faces, ou parois qui
sont paralleles entr'elles. Une des faces à qua-
tre de ces coulisses, & l'autre face les quatre au-
tres * ; elles y sont semblablement placées. J'appel-
lerai deux des coulisses de chaque parois, les cou-
lisses du milieu * ; & les deux autres de la même pa-
rois, les coulisses des bouts *. Les coulisses du milieu
sont éloignées l'une de l'autre d'environ 8. pou-
ces ; elles sont toutes deux également distantes du
milieu de la face dans laquelle elles sont creusées.

* Pl. 3. fig.

1. ef, ef.

* ee, ff.

* Fig. 2.

n. g.

* A. fig. 2.

3, 4, 5.

* Pl. 3. g, h,

i, k, fig. 1, 2,

3, 4. & pl. 4.

D, E, E, D.

* h, i.

* g, k.

92 L'ART DE CONVERTIR

Les coulisses des bouts sont chacune à à peu près 3. pouces du bout dont elles sont le plus proche. La profondeur de chaque coulisse est de près de deux pouces, ou deux pouces & demi, & sa largeur de plus d'un pouce.

C'est au moyen de ces coulisses que les plaques de terre tiennent lieu de creusets. Quatre plaques, avec les faces du fourneau, y composent trois creusets qui n'ont que quelques pouces de hauteur de moins que le fourneau même. Les deux coulisses pla-

* Fig. 1. *b, b.*
i, i.

* *m.*

* *m, m. pl.*
3. fig. 1, 2,
3, 4. pl. 4,
A.

* Pl. 3. fig. 1.
2, 3, 4. *l, l.*
pl. 4. B.

* Pl. 3. fig. 1.
2, 3, 4. pl. 4.
C, C.

cées l'une vis-à-vis de l'autre * reçoivent & tiennent verticalement une plaque*. Les deux plaques du milieu forment avec les parties des faces & du fond du fourneau, qui sont entr'elles, le plus grand des creusets *; on y peut composer chaque lit de fer de trois barres, large chacune de plus de deux pouces, & le fer de toutes ces barres pèse jusqu'à 300. à 350. livres. Ce creuset seul demande deux plaques; chaque plaque des bouts forme avec la face du fourneau, à qui elle est parallèle, & dont elle est le plus proche un autre creuset *. On ne peut faire les lits de fer de ceux-ci que d'une seule barre de largeur égale à celles dont il y en a trois dans chaque lit du creuset du milieu; ou si on met deux barres à chaque lit de ces petits creusets, prises ensemble elles ne doivent avoir guère plus que la largeur d'une des barres du grand creuset. L'espace qui est entre chaque plaque du milieu, & la plaque du bout dont elle est le plus proche, est l'espace où le charbon est allumé *. La partie

du fond du fourneau qui répond à cet espace, est l'endroit où sont les Tuyeres *. Chaque Tuyere y est placée à distance égale des plaques ; mais elle est plus près de quelques pouces des parois du fourneau que du milieu. Pl. 1. fig. 1, 2, 3, 4.

Quoyque les coulisses recouvrent les bords des plaques, ces creusets ne boucheroient pas toute entrée à la flamme, si après que les plaques ont été mises en place, on n'avoit soin de luter les jointures. Ce que nous avons rapporté dans les premiers Memoires, a appris que le lut se peut faire avec quelque terre sablonneuse, détrempée à consistance de pâte. Ce lut, qu'on fait entrer aisément dans les jointures, s'y soutient à merveille, sur tout celui qu'on fait entrer dans la partie de la coulisse, qui se trouve dans l'intérieur du creuset. Quand les coulisses ont été bouchées avec cette terre, on ne doit nullement craindre que la flamme s'insinuë dans le creuset par les jointures, il n'est point d'endroit de la plaque qui soit aussi sûrement clos. Au lieu même d'employer une terre qui se vitrifie pour boucher les coulisses, j'emploie par préférence de la chaux un peu humectée. Quand on la fait bien entrer dans les coulisses, elle bouche suffisamment tout passage à la flamme, & produit un autre bon effet ; lorsque la fournée est finie, lorsqu'on veut retirer les plaques, on les détache sans peine ; elles ne tiennent point aux coulisses ; au lieu qu'on écorne quelques fois les coulisses si on a bouché les vuides, qui restent

entre elles & les plaques, avec une terre qui se vitrifie trop aisément.

La largeur des plaques doit être telle qu'elles entrent de part & d'autre assés avant dans les coulisses, sans pourtant aller jusqu'à leur fond ; c'est de cette dernière circonstance qu'elles tirent un de leurs avantages sur les creusets ordinaires. Toute plaque de terre, & toute matiere s'étend à mesure qu'elle s'échauffe, l'augmentation du volume est même assés considérable dans un creuset de terre échauffé au point de devenir blanc. Or dès-lors qu'une partie s'étend, si elle tient à d'autres qui ne s'étendent pas en même proportion, celles-ci lui font violence, la forcent à se courber, & quelquefois à se séparer, & à se fendre. C'est l'effet que produit l'union des côtés des creusets, il n'en est pas de même de nos plaques ; si le feu les étend elles peuvent avancer dans la coulisse ; rien ne les arcoute, puisque le lut que nous faisons mettre, ne remplit point l'espace qui est entre le bord de la plaque, & le fond de la coulisse, cet espace reste toujours vuide ; nous le repetons, le lut n'est que pour remplir ce qu'il y a d'espace entre la plaque, & la partie de la coulisse qui est en recouvrement sur cette plaque.

Malgré cette facilité des plaques à s'étendre, il seroit pourtant difficile qu'elles ne se voilassent pas un peu, si on n'avoit encore une autre petite attention. C'est qu'on ne les doit pas faire parfaitement plates, il faut leur donner un peu de courbu-

re, & prendre garde que le côté convexe fasse le dedans du creuset, & par conséquent que le concave soit tourné du côté des charbons. Cette concavité ne demande à être que de quatre à cinq lignes où elle doit être la plus profonde, vers le milieu; au moyen de cette précaution, à la fin de la fournée, on trouve quelquefois les plaques aussi droites, aussi plates qu'elles le pourroient être, si on les eût fait telles exprès. Le feu tend à donner de la convexité à la surface sur laquelle il agit, ainsi à mesure qu'il chauffe la plaque, il la redresse, & cela parce que tout corps s'allonge à mesure qu'il devient chaud, & s'allonge d'autant plus qu'il devient plus chaud; le feu tient ses parties plus écartées. Par conséquent la surface de la plaque qui est en dehors du creuset doit s'étendre plus que celle qui est en dedans; d'où s'ensuit nécessairement un changement de courbure, qui tend à redresser la plaque. Car si la plaque devenoit de plus en plus concave par le dehors, la surface intérieure s'étendroit plus que l'extérieure, le contraire arrive & doit arriver si cette concavité diminue; alors la longueur de la surface concave devient, à mesure, plus approchante de la longueur de la surface convexe.

Parmi les ouvrages de terre cuite, il n'en est point dont la façon soit plus simple que celle de nos plaques; elles ne sont plus difficiles à faire que les briques, & les carreaux à quatre pans, qu'en ce qu'elles sont plus grandes. La terre étant paîtrie &

amollie au point, où il la faut, on en prend un morceau suffisant pour composer la plaque; on le porte sur une table de bois sans pieds, & posée, si l'on veut immédiatement à terre; elle a la grandeur & la figure qu'on veut donner à la plaque de terre *. On a eu soin auparavant de souspoudrer cette table de terre réduite en poudre fine, ou d'un sable fin, ou de cendre, afin que la terre mouillée ne s'attache pas à la table. On bat cette masse de terre, soit avec des maillets, soit avec des palettes de bois, soit même avec une barre de fer platte; car ici presque tout instrument est bon. A force de battre cette terre, on la contraint à s'étendre jusqu'au bord de la table de bois; & pour lui en donner précisément la grandeur, & la figure, on coupe avec un couteau toute la terre qui déborde *. Au reste il faut pourtant frapper avec attention, prendre garde à ne pas trop presser, par les coups, les endroits où il se fait des fentes; rapporter de nouvelle terre dans les endroits qui sont trop creux: si on a trop pris de terre, si la plaque est plus épaisse qu'on ne la veut, on la rendra plus mince en la battant; on forcera de nouvelle terre à déborder par de-là la table, & avec le couteau, on emportera encore cette terre. Qu'on tente seulement de faire trois à quatre plaques, & on en sçaura plus qu'on n'a besoin d'en apprendre ici.

Comme toute terre se retire en séchant, nous avertirons cependant de donner à la plaque plus de

* Pl. 5. fig.
2. P.

* Pl. 5. 7, 8.

de dimensions en tous sens qu'on ne lui en veut, étant cuite. Plus la terre étoit molle, plus elle diminuë en séchant ; mais pour l'ordinaire il suffit de faire la plaque d'un pouce, ou d'un pouce & demi plus grande en tous sens, que le fourneau ne le demande. Après tout, si on a peché ici par trop, ou trop peu, il est aisé de se corriger.

On ne peut guère se passer de plusieurs tables de bois propres aux plaques ; car il est mieux de laisser au moins la plaque prendre consistance, pendant quelques heures, sur la table où elle a été faite ; on court moins risque de la rompre en l'en ôtant. Il faut avoir de plus quelque plancher très-uniforme pour y étendre les plaques à mesure qu'elles sont faites ; là on les laissera sécher à leur aise, peu à peu ; si elles séchoient brusquement, elles se voileroient. Si elles paroissent y avoir de la disposition, on les chargera de quelque poids, comme de quelques barres de fer. On les retournera sans dessus dessous dès que le côté supérieur commencera à être ferme.

Quand elles seront sèches on les fera cuire, mais ce ne sera que quand elles seront bien sèches. La manière la plus sûre de les faire cuire, c'est de les mettre dans un four à Potier de terre. Si on n'a voit point de four pareil à portée, on pourroit les mettre dans un four ordinaire, qu'on chaufferoit peu à peu, & le plus lentement qu'il seroit possible. Si on les cuit brusquement, on court risque de les faire peler, ou fendre.

Au défaut d'un four, j'en ai quelques fois fait cuire entre deux plaques de fer, au dessus, & au dessous desquelles, je mettois du charbon, les plaques étoient à plat. J'en ai fait cuire aussi d'une
** Pl. 5. r. f. 1. n.* autre façon *, je les plaçois verticalement dans un batis de fer composé de deux châssis horizontaux, assemblés par quatre montants. Sur le châssis inférieur étoient des morceaux de fenton de fer, qui formoient une grille, sur laquelle les plaques étoient posées de bout, laissant entr'elles au moins un pouce ou un pouce & demi d'intervalle. Sur le châssis supérieur il y avoit d'autres barreaux de fer, perpendiculaires à ceux de la grille, qui servoient à maintenir les plaques, à les empêcher de se toucher; on remplissoit de menu charbon les entre-deux des plaques, & on en mettoit dessous le châssis inférieur, & dessus les plaques. C'est une façon de cuire assez bonne, qui ne vaut pourtant pas celle des fourneaux ou fours.

Mais après tout tout ce qu'il y a de plus important ici c'est le choix de la matière, dont ces plaques doivent être faites. Ceux qui seront auprès des verreries n'auront besoin sur cet article d'aucune instruction; il suffira qu'ils soient avertis de les faire des mêmes terres dont les Verriers font leurs pots, & pour le mieux encore de les faire travailler par les Ouvriers mêmes qui font ces sortes de pots. Au moyen de quoy le mélange, qu'il faut toujours faire d'une terre cuite avec une terre qui ne l'a pas été, se fera dans une plus juste proportion.

Les terres à creusets ordinaires, peuvent être employées si on n'a pas de celles de pots de Verrierie. Les terres à creusets sont les mêmes glaïses avec lesquelles on fait de la tuile, & de la brique. Mais, au lieu que pour faire de la tuile & de la brique, on melle avec ces terres du sable, pour en faire des creusets & nos plaques, il faut y meller au moins un tiers de ciment, fait de pots à beurre, ou pots de grés. Ce ciment n'est rien autre chose que de ces vieux pots concassés & réduits en grains de la grosseur d'un gros gravier, ou pareils à peu près aux grains de la brique, ou du tuileau pilé pour le ciment ordinaire. On pourroit même se servir des briques, des tuileaux, ou de fragments de tuiles pilés, si la tuile, du pays où l'on, est d'excellente tuile.

Dans les grandes villes, comme Paris, ceux qui ramassent les chiffons, ramassent aussi les pots de grés cassés, pour les vendre aux Faiseurs de creusets. Dans les campagnes il ne seroit pas aussi aisé de recouvrer de ces fragments de pots. Alors il faut faire faire des petites briques purement de glaïse, où dans lesquelles on fera entrer peu de sable. On fera cuire ces briques autant, & plus que les briques ordinaires, elles seront propres à être pilées pour être meslées avec la terre neuve dont on veut faire les plaques.

Il y a des glaïses qui demandent à être lavées plusieurs fois, c'est-à-dire, paitries dans l'eau à plusieurs reprises, pour les dépouiller de leurs sels.

Mais le mieux sera d'avoir des terres reconnues pour résister parfaitement au feu. Dans bien des Verreries on est obligé de tirer ces sortes de terres de fort loin, le transport est ce qu'il y a de plus cher, & ce sont des frais qu'on ne doit pas balancer à faire pour nos fourneaux à acier.

Plus la terre sera en état de résister au feu, & moins on sera obligé de donner d'épaisseur aux plaques. C'est un grand avantage d'avoir des plaques minces; elles & par conséquent les barres qu'elles renferment, en sont bien plus vite échauffées. Pour profiter de cet avantage, il faut tâcher de n'être pas obligé de se servir de plaques, qui aient un pouce d'épaisseur; si la terre est excellente, on en pourra faire qui n'aient pas plus de sept à huit lignes. Les creusets de terre de Beauvais, quoyque plus minces encore, résistent pendant long-temps à la plus violente ardeur du feu, il est dommage qu'ils soient si peu en état de soutenir le refroidissement. Enfin on s'appliquera à ce qui regarde le travail des plaques, comme à un des articles des plus importants de notre art.

Mais pour revenir au fourneau & achever ce qui regarde la manière de poser les plaques de façon qu'elles forment avec les parois des creusets bien clos. Il doit y avoir au fond du fourneau, dans l'endroit où chaque plaque doit porter, une coulisse pareille à celle des côtés; ou pour le mieux encore, les endroits du fond du fourneau, qui doivent être

LE FER FORGE' EN ACIER.

les fonds des creusets, seront tenus au moins de deux pouces plus élevés que le reste; les plaques descendront au dessous de ces endroits plus élevés. On peut remarquer cette disposition. Pl. 5. dans les fig. 2. 3. & 4. Du lut, mis endedans de chaque creuset, contre les plaques, rendra les jointures du bas bien closes.

Il reste à donner des couvercles à chacun de nos creusets; il est encore essentiel, que ces couvercles bouchent bien; car outre l'entrée de la flamme qui seroit à craindre, il se feroit une évaporation de sels considérable, comme nous l'avons déjà dit; la composition se trouve affoiblie de tout ce qu'elle a perdu par la sublimation. Après avoir tenté différentes sortes de couvercles, je n'ai rien trouvé de mieux que ceux qui sont faits en recouvrement, comme ceux de toutes les boistes. Le rebord du couvercle descend d'environ un pouce par de-là le bord de la plaque *. Les rebords de ces couvercles se terminent à quelque distance de leurs bouts, & cela parce que les couvercles en sont mieux faits, s'ils ont un peu plus de longueur que le creuset qu'ils sont destinés à couvrir; ce surplus de longueur se loge dans des entailles creusées dans les faces du fourneau *. Du lut bouchera encore ici, comme ailleurs, les vuides que les jointures peuvent laisser.

Outre l'effet pour lequel ces couvercles sont mis en place, ils en produisent encore un autre très-bon, leurs rebords retiennent les bords supérieurs des

plaques ; ils empêchent ces plaques de se voiler par en haut , qui est l'endroit par où elles se voileroient le plus. Au lieu de faire les dessus des couvercles plats , on peut leur donner du talus. Le dessus du couvercle du creuset du milieu aura ce talus égal de part & d'autre ; & les dessus des couvercles des creusets des côtés n'auront qu'un seul talus , sçavoir vers les foyers ; cette figure facilitera la cheute des charbons. *

* Pl. 4. l. m.
2. pl. 3. fig.
3. n. x. y.

Nous avons besoin encore d'un couvercle , & beaucoup plus grand que les précédents , c'est de celui qui bouche l'ouverture même du fourneau. Si le fourneau étoit ouvert par dessus , il s'y consumeroit beaucoup plus de matiere combustible , sans échauffer autant les creusets. Absolument ce couvercle pourroit être plat , comme ceux des fourneaux à Fondeurs en cuivre ; mais il est beaucoup mieux qu'il soit ceintré en voute surbaissée. Je ne prescrirai point de regles précises sur la hauteur qu'on doit donner à ce ceintre ; je dirai seulement que les couvercles ne sont pas commodes , si on les fait plus plats que celui que nous avons fait représenter * ; & que si on les élève beaucoup davantage , que le fourneau en chauffe moins bien ; l'endroit qui reverbere la flamme est plus éloigné des creusets. Il peut y avoir mille petites variations dans la construction de ce couvercle , nous ne nous arrêterons qu'à ce qui lui est presque essentiel. On le fera épais de plusieurs pouces , d'une bonne terre , semblable à celles des plaques. On peut

* Pl. 4. o. p.
q. r. s. & 5.



le mettre sur le fourneau, avant qu'il soit cuit ; mais non pas avant qu'il soit bien sec. Les fentes qui s'y peuvent faire ne sont pas autant à craindre que celles qui peuvent se faire aux plaques. Tout ce qui importe c'est que les parties de ce couvercle tiennent ensemble. Il durera très-long-temps, si étant fait épais, & de bonne terre, on a de plus soin de le lier en deux ou trois endroits, comme on l'a fait représenter dans la figure *. Ces * Pl. 4. 0, 9. liens sont des chassis composés de quatre bandes de fer, dont deux sont percées à chacun de leurs bouts, pour laisser passer les bouts des autres bandes ; celles-ci sont taillées en vis qui recoivent des écrous, qui retiennent l'assemblage. Des liens assemblés d'une autre façon ne serreroient pas long-tems le couvercle ; plus il cuist, plus il diminuë de volume ; en tournant les écrous on a la facilité de presser le couvercle autant qu'il est nécessaire pour empêcher l'élargissement des fentes qui peuvent s'y ouvrir.

Le haut de ce couvercle a une ouverture ronde * de quelques pouces de diametre, on la ferme * Pl. 4. 7. quand on veut avec un bouchon *. C'est par * 7. cette ouverture qu'on fait entrer le charbon dans le fourneau. Ce bouchon est lui-même percé, & recoit un bouchon plus petit *. On ouvre ce trou * 9. quand on veut donner quelque air au fourneau ; pour donner plus d'air, quand il en est besoin, il y a encore quatre autres petits trous peu éloignés du grand, qui ont chacun leurs bouchons. L'ouverture

104 L'ART DE CONVERTIR

E. T. f. du milieu est entourée de quatre plus petites, * qui avec leurs bouchons servent de registres. Enfin il faut encore au moins deux, ou quatre autres trous, & que deux de ceux-ci se trouvent placés à peu près vis-à-vis le milieu des capacités du fourneau qui sont entre le creuset du milieu, & un des creusets des bouts, vis-à-vis des capacités où doit tomber le charbon; quand il entre dans le fourneau, il descend sur le dessus du creuset du milieu, au moyen des deux trous dont nous venons de parler, on fait passer une petite verge de fer dans le fourneau, avec laquelle on amène le charbon enflammé entre les creusets.

Ces derniers trous seront toujours bouchés quand on n'aura pas à faire entrer la verge de fer dans le fourneau. Lorsqu'il est besoin de donner air au fourneau, de donner quelque sortie à la flamme, il y a plus d'avantage à la lui donner par des ouvertures qui soient très proches du milieu du couvercle, cette flamme, pour y arriver, passe sur le creuset du milieu, & le chauffe davantage.

Les charbons séjourneront moins sur le couvercle du creuset du milieu, si on donne quelque convexité à ce couvercle, & c'est ce qu'on est très maître de faire, comme nous en avons averti.

E. g. Quoique nous ayons dit que le grand couvercle du fourneau est fait en dôme, & qu'il le soit intérieurement, par le dehors il doit avoir un rebord * élevé de quelques pouces, qui ren-
ferme

LE FER FORGE' EN ACIER. 105
ferme un quarré dont les côtés soient paralleles
à ceux de la base, & qui en aient chacun la moitié
ou les trois quarts de la longueur de cette base.
Ce rebord peut être fait de tole, il sert, comme
nous le dirons dans la suite, à contenir des char-
bons qui s'y allument avant qu'on les fasse entrer
dans le fourneau.

Enfin il est bon que le rebord du fourneau
ait une feüillure sur laquelle le couvercle posè.

On n'ôte ce couvercle de place que quand on
décharge le fourneau, ou qu'on veut le charger.
Si on trouve trop embarrassant de le remuer à
bras, on le pourra faire soit par le moyen d'un
levier suspendu à une potence au-dessus du four-
neau, soit par le moyen d'une poulie sur laquel-
le passera une chaîne. Que la chaîne tienne au le-
vier ou passe sur la poulie, on l'attachera à une
anse de fer, & cette anse sera accrochée à des touril-
lons aussi de fer qui tiendront à un des chassis qui
lie le fourneau, ou à quelqu'autre endroit qu'on
jugera plus convenable. Chacun pourra choisir sur
cela des expedients à son gré; celui qui est repré-
senté, pl. 5. fig. 1. est suffisant.

Quand on a fait de l'acier dans un fourneau
avec des barres de fer de même qualité, & de
même épaisseur, on sçait à peu près combien
d'heures de feu doivent soutenir de pareilles bar-
res pour être converties en bon acier; mais
on ne le sçait jamais assés précisément; on n'est
pas sûr que l'air ait soufflé avec une même for-

ce dans des fournées différentes; que le charbon ait brûlé avec la même ardeur, la sécheresse & l'humidité y causent des différences; d'ailleurs on ne sçait plus où l'on en est quand on change de fer, ou qu'on l'employe de différentes épaisseurs. Si on ne veut point aller à l'aveugle, il faut absolument pouvoir retirer de différents endroits du fourneau des barres, qui étant essayées fassent juger de l'état des autres; c'est ce qu'on peut aisément dans notre fourneau au moyen de certaines ouvertures dont nous n'avons point encore parlé. Ce sont des especes de fenêtres qui donnent, quand on veut, la facilité de voir ce qui se passe dans chaque creuset *. En construisant le fourneau on réserve ces ouvertures, je conseille d'en réserver au moins trois à chaque creuset, à différentes hauteurs, les unes au-dessus des autres; & de leur donner de largeur seulement un pouce ou deux de moins qu'en a le creuset, lorsque les plaques sont en place; & au moins cinq pouces de hauteur; les réflexions que nous ferons par la suite, détermineront apparemment à leur en donner davantage. Quelque soit la grandeur qu'on ait donnée à chacune de ces ouvertures, on lui fera un tampon de pareille figure & qui aura autant de longueur que le fourneau a d'épaisseur. Ces tampons seront composés de terre pareille à celle des plaques & des couvercles. Chaque fois qu'on les mettra en place, on aura soin de reluter leurs jointures.

* Pl. 3, fig. 2.

q. 2, q. 2, q. 3,

& pl. 4. F,

F 2, F 3.

Ces ouvertures affoiblissent un peu la Maçonnerie du fourneau ; mais on lui rendra plus qu'elles ne lui ôtent , en le liant à quatre hauteurs différentes avec des liens de fer *. On peut faire ces liens d'une bande de fer replié en angles droits au-
* Pl. 4. K.
K, K, K.
 tant de fois qu'il faut , & dont les deux bouts seroient soudés ensemble , faire un châssis d'une seule piece de grandeur proportionnée à la place , où il doit être ; mais le mieux encore sera de les faire pareils à ceux dont nous avons parlé pour le couvercle.

Il est libre de laisser toutes les ouvertures du même côté du creuset , ou de les distribuer des deux côtés à différentes hauteurs. Quelque exactement que les bouchons entrent , le fer chauffera peut-être un peu moins vers les ouvertures , qu'il ne chaufferoit si la Maçonnerie étoit toute un massif uniforme. Ce qu'il peut y avoir de moins de chaleur ne sçauroit pourtant être considérable ; si on veut que toutes les ouvertures soient d'un côté , on aura seulement attention de donner aux Tuyeres , qui sont de ce même côté , des embouchures de quelque chose plus grandes , que celles des autres Tuyeres ; le vent aiant un cours plus libre de ce côté y entretiendra une plus grande chaleur.

Loin donc de chercher à diminuer les ouvertures que nous faisons au fourneau , peut-être fera-t-on tenté d'essayer de laisser chaque creuset presque ouvert d'un côté du haut en bas , de n'y

laisser de massif qu'aux endroits où les liens doivent s'appliquer. Plusieurs avantages semblent y inviter. Outre celui qu'on auroit de pouvoir retirer des barres de quelque hauteur du fourneau qu'on voudroit, il y en a quelques autres assés importants. On auroit la commodité de charger les creusets, & de les décharger par les côtés; & cette commodité est quelque chose à qui veut profiter de toute la chaleur que le fourneau a prise. Si on charge, ou décharge le fourneau par en haut, on est dans la nécessité d'attendre qu'il soit plus refroidi, que lorsqu'on le charge, & décharge par les côtés; la premiere maniere contraint à avoir le visage immédiatement au-dessus de l'ouverture supérieure des creusets, & d'enfoncer les bras assés avant dans les creusets, & c'est à quoy on n'est point obligé quand on charge par le côté.

Mais le grand avantage, c'est qu'on est continuellement à portée de voir ce qui se passe dans toute la hauteur de chaque creuset. On ne sçauroit remédier aux accidents qui surviennent aux creusets placés dans les fourneaux ordinaires; au lieu que les ouvertures, dont il s'agit, donnent la facilité d'apporter remède à ceux qui surviennent à nos plaques qui tiennent lieu de creusets, & d'autant plus de facilité que les ouvertures des côtés seront plus grandes. Si une de ces plaques vient à se fendre considérablement, qu'elle ait quelque part un trou; on bouche cette fente ou ce trou avec de quelques morceaux de Tuileau, ou avec

LE FER FORGE' EN ACIER. 109

quelques morceaux de terre cuite en plaques plus minces que ne sont les tuileaux ordinaires. On frotte le tuileau de verre pilé, ou de quelque lut fondant, & on le fait entrer dans le creuset entre les couches de fer, & les plaques. On peut de même boucher les plus grands trous. Arrive-t-il quelque accident moins considérable; n'y a t'il que quelques fessures légères qui donnent cependant entrée à une petite flamme, qui à la longue consumeroit la composition, & la réduiroit en cendre? On fait entrer de nouvelle composition qui remplace celle qui a été brûlée, on la pousse jusqu'où l'on veut avec de petites verges, ou de petites lames de fer.

Quand le feu a été quelque temps au fourneau tout s'abaisse, car la matiere, de cela seul qu'elle sèche, diminue de volume; il reste une grande place vuide au haut du creuset. Au moyen des tampons, qui s'ôtent quand on veut, on profite de cette place, on y introduit des barreaux de fer plus minces que ceux qu'on a mis d'abord, & la composition qu'on juge nécessaire; ces derniers, étant plus minces, se trouvent aussitôt acier que les autres.

Peut-être que l'expérience apprendra à tirer de ces ouvertures des creusets un avantage encore plus considérable; qu'elle apprendra à ne plus charger les creusets, qu'avec du fer déjà rendu chaud au point nécessaire pour devenir acier; ce qui épargneroit considérablement de temps, & de charbon.

On en peut trouver la preuve dans quelques remarques rapportées dans le second Mémoire ; elles ont appris qu'une très-longue partie de la durée de l'action du feu, du fourneau, est employée pour amener le fer au point où la composition puisse agir dessus, à rendre ce fer assez chaud pour être d'un rouge blanchâtre. Il ne faudroit que très-peu de temps pour faire rougir, ou blanchir la même quantité de barres dans un feu ouvert. La seule difficulté qui reste, par rapport à laquelle on a besoin d'expériences, c'est de tâter les moyens les plus commodes de distribuer la composition, déjà mise dans le creuset, à peu près également entre les lits des barres qu'on y feroit entrer blanches. Divers expédients se présenteront ; un des plus simples seroit peut-être de faire donner deux coups de ciseau à chaque bout des barres, & deux coups au milieu, & de faire relever au-dessus du reste, la partie que le ciseau auroit entaillée. Ce n'est pas une façon qui allongeroit beaucoup le travail ; ces petites parties saillantes empêcheroient les barres de s'appliquer les unes contre les autres, & menageroient entr'elles des espaces où la composition se placeroit.

Un autre expédient seroit d'avoir des morceaux de fil de fer, qui eussent de diametre ce que les couches doivent avoir d'épaisseur, & de faire entrer de pareils morceaux de fil de fer qui croiseroient les barres du dernier lit. Les barres du lit suivant se poseroient sur les fils de fer. Le peu que

LE FER FORGE EN ACIER. III

les barres seroient touchées par le fil de fer, ne les feroit pas devenir acier plus tard sensiblement dans les points de contact qu'ailleurs. On imaginera beaucoup d'autres manieres de charger le fourneau de fer chaud, si on veut les chercher; il suffit peut-être d'avoir fait penser qu'il pourra y avoir de l'épargne à les chercher.

Plus on ouvrira le fourneau, & plus il faudra multiplier les liens, dont nous avons parlé ci-dessus, ou au moins augmenter leur force; c'est de quoy on sera très-maître. Dès qu'on donnera aux barres une certaine épaisseur, on donnera au fourneau toute la force qui sera nécessaire. Vis-à-vis les endroits qu'on aura choisi pour placer les liens, on réservera de petits planchers, qui n'auront, si l'on veut, que l'épaisseur même du lien, & ce seront ces planchers qui supporteront les bouchons.

Nos bouchons, ou au moins quelques-uns de nos bouchons seront plus commodes, si ils ont eux-mêmes une ouverture parallele à leur longueur, & qui aille d'un bout à l'autre *; un petit bouchon proportionné à cette ouverture la remplira. Quand on voudra simplement voir où en est la chaleur des creusets, on se contentera de tirer un de ces petits bouchons.

Outre toutes les ouvertures, dont nous avons parlé, il est bon d'en laisser au moins deux autres à chaque fourneau; celles-ci seront vis-à-vis le milieu des capacités qui reçoivent le charbon *; il

* Pl. 4. O.
P, Q, R, S.

Pl. 4. T, L

seront fermées chacune par une espee de petite porte. Leur usage est de laisser passer une verge de fer, lorsqu'on le juge à propos, pour remuer le charbon. Quelques fois aussi elles laissent passer un Ringard ou grosse barre de fer, qu'on pique horizontalement dans la face opposée du fourneau; ce Ringard placé horizontalement soutient les charbons, il les empêche de descendre trop vite, ce qu'il faut empêcher dans quelques occasions, & sur tout lorsque le charbon est trop menu; elles servent encore lorsqu'on veut nétoier le bas du fourneau, en retirer la matiere vitrifiée.

On construira ce fourneau de briques qu'on liera ensemble avec une bonne terre franche, ou avec de la terre préparée comme pour les creusets, ou au moins on en construira tout ce qui approche de l'intérieur. Le mortier ordinaire fait avec la chaux, & le sable, ne convient point aux ouvrages qui doivent soutenir une violente chaleur; on pourroit, tout au plus, l'employer pour bâtir le contour, & pour revestir tout l'extérieur du même fourneau. La brique, sur tout celle qui approchera du dedans, sera de nature à résister au feu; si on n'a pas de pareilles briques dans le pays, on en fera exprès avec de la terre à pots de Verrerie, ou au moins de la terre à creusets ordinaires, meslée avec du ciment de pots de grés. Il faut absolument quelques-unes de ces briques propres à bien résister au feu; mais il n'en faut pas beaucoup, c'est assés d'en avoir pour bâtir les quatre pilastres qui sont entre les trois creusets. On

LE FER FORGE' EN ACIER. 113

On peut faire chacun de ces pilastres d'une seule piece de terre préparée, qui ait autant de longueur que le fourneau a de hauteur, & une largeur égale à l'espace qui doit rester entre deux plaques, & environ sept à huit pouces d'épaisseur. Après avoir bien laissé sécher ces pieces, & les avoir même fait cuire à fond, on enclavera dans la maçonnerie tout ce que leur épaisseur a de plus qu'il ne faut aux coulisses. Afin même que ces pieces soient mieux retenues en place, qu'elles soient moins exposées à se voiler, dans le temps qu'elles seront molles encore, dans le temps qu'on les paîtrira, on engagera dans chacune trois ou quatre pieces de fer distribuées à différentes hauteurs; chacune de ces pieces de fer sera fourchuë à chaque bout. Quand les pilastres de terre seront en place, ces especes de crampons de fer seront horizontaux, tout ce qu'ils auront en dehors des pilastres sera engagé dans la maçonnerie.

Mais ce qu'il y auroit de mieux, ce seroit de faire au moins ces pilastres, de pierres pareilles à celles dont on fait les *Ouvrages* des fourneaux, où l'on fond la mine de fer. Ces sortes de pierres ne doivent pas être difficiles à recouvrer dans la plupart des pays, qu'on doit choisir par préférence pour établir des fabriques d'acier, c'est-à-dire auprès des forges. Au pis aller, on pourroit faire venir de loin ces pierres, comme on y est même contraint quelques fois pour les fourneaux à fondre la mine. Si tout l'intérieur de nôtre fourneau

à acier étoit construit de pareilles pierres, il n'en feroit que plus durable.

Voilà nôtre fourneau bâti; je suppose aussi les plaques mises en place, que leurs jointures ont été lutées avec les précautions que nous avons prescrites; il s'agit à présent de le charger, d'y allumer le feu, & de l'entretenir. Pour le charger, on commencera par couper les barres du fer, qu'on veut changer en acier, en morceaux égaux, mais qui auront chacun un pouce, ou un pouce & demi de moins de longueur, que n'en ont les creusets. Il n'est point de fourneau qui chauffe également par tout; les endroits, où le nôtre est le moins chaud, sont près du bas, & près du haut; & comme l'épaisseur des barres, doit, au moins en quelque sorte, être proportionnée à l'activité qu'a le feu dans les endroits où elles sont placées, selon les remarques générales de notre second Mémoire; vers le bas & vers le haut du fourneau, on composera les lits de fer, de barres: de moitié d'un tiers plus minces, que celles des lits qui seront vers le milieu; de sorte qu'il faut au moins des barres de deux épaisseurs différentes; si on en avoit de trois épaisseurs, ce seroit encore mieux. On commenceroit par les couches du fer le plus mince, ensuite on prendroit le fer de l'épaisseur médiocre, après quoy on feroit les couches du fer le plus épais; on reprendroit le fer d'épaisseur médiocre, & on finiroit par les couches du fer mince.

LE FER FORGE' EN ACIER. 115

L'attention n'a guère besoin d'être portée plus loin. Comme ce n'est pourtant pas précisément au milieu que tout fourneau chauffera le plus vivement, & que l'endroit de la plus grande chaleur se trouve même différent dans différents fourneaux ; si on veut connoître à peu près cet endroit, afin d'être en état d'espacer plus régulièrement les lits de fers de différentes épaisseur, on en pourra être instruit, après une première fournée ; & pour cela il n'y aura qu'à poser verticalement dans le fourneau une barre qui soit part tout à peu près d'égale largeur & épaisseur. On cassera cette barre en un grand nombre de parties, qu'on essayera séparément. On reconnoîtra celles qui ne sont pas assés acier, celles qui le sont trop, ou qui le sont le plus ; & comme il sera aisé de juger à quelle hauteur elles étoient placées, il le fera de même de s'assurer des endroits qui chauffent plus, & de ceux qui chauffent moins.

Le fer qu'on veut renfermer dans le fourneau étant coupé par morceaux, & la composition étant préparée, on pesera les barres destinées à composer un même lit ; afin de sçavoir combien pesera chaque lit du fer le plus mince, chaque lit du fer médiocre, & chaque lit du fer épais. Le poids d'un lit fera juger à peu près du poids des autres, & l'à peu près suffit ici. On pesera de même la quantité de composition qui convient pour chaque lit de différent poids. On mettra cette composition dans quelque vaisseau soit de terre, de

bois, ou de métal. Ainsi on aura trois vaisseaux de trois grandeurs différentes, qui seront chacun tout autant de mesures de la composition qu'il faut étendre entre les lits de fer. Tout cela n'est nécessaire que pour s'épargner le temps de peser, & de repeser continuellement. La couche de composition, qui séparera un lit de fer épais d'un lit de fer plus mince, sera faite d'une épaisseur moyenne; la vûë sera un juge autant sûr qu'il le faut, pour décider ce qu'il est nécessaire d'ajouter ou de retrancher à cette couche.

Par la construction de notre fourneau, chaque creuset du bout ne peut contenir qu'environ le tiers du fer, que contient le creuset du milieu. Quoique les surfaces que ces deux creusets, pris ensemble, opposent au feu, soient à peu près égales aux surfaces du creuset du milieu contre lesquelles le feu agit, l'action du feu n'est pas encore aussi puissante sur le fer de ces petits creusets que sur celui du grand; l'avantage qu'ils tirent de leur moindre capacité ne compense pas suffisamment le désavantage qu'ils ont de se trouver proche des parois du fourneau, qui plus épaisses que les plaques, sont plus difficiles à chauffer, & dont la chaleur est continuellement diminuée par l'air extérieur. On aura donc attention de remplir ces petits creusets de barres d'environ un tiers plus minces que celles du grand creuset. Qu'on n'espere pas même que ces barres se convertiront entièrement en acier la première fois que

LE FER FORGE' EN ACIER. 117

l'on mettra le feu au fourneau. Mais à une seconde, & encore mieux à une troisième fournée la conversion du fer en acier s'y fera fort bien, les parois du fourneau ont eu le temps d'être échauffées, & elles conservent la chaleur qu'elles ont reçues.


Si on vouloit avoir un fourneau dans les petits creusets duquel on mist du fer aussi épais que celui du grand creuset, il n'y auroit qu'à tenir ce creuset du milieu encore plus large, & c'est ce qui est très-permis. L'opération s'y achevera plus lentement, mais aussi plus de fer y sera converti à la fois.

Enfin les creusets étant chargés de fer, & de composition, on leur donnera leurs couvercles, on les lutera, & il ne restera plus qu'à allumer le feu qui doit être conduit avec quelques précautions. On jette d'abord quelques charbons allumés dans les capacités qui sont entre les creusets; on remplit ensuite les capacités de charbon noir, & on donne quelques coups de soufflet pour l'enflammer un peu; après quoy on met en place, & demeure le couvercle du fourneau. On continue de souffler jusqu'à ce que tout le charbon soit allumé, quand il diminue, on en jette de nouveau. Nous supposons le feu bien allumé, & que le fourneau commence à s'échauffer. Il y a certaines attentions à avoir pour entretenir le feu le plus avantageusement qu'il est possible; deux remarques feront entendre en quoy consistent principalement ces attentions. La première est qu'il faut éviter de faire tomber une trop grande quan-

tité de charbon entre les creufets, qu'il ne faut pas que les cavités destinées à le recevoir en soient remplies, & encore moins que les charbons y soient entassés, pressés les uns contre les autres. Il sembleroit, & les Fondeurs en paroissent convaincus, que plus il y auroit de charbons allumés entre les creufets, & que plus viste & plus violemment ils devroient s'échauffer; l'expérience m'en a désabusé; & comme on ne manque jamais de raison pour expliquer les faits une fois connus; celle qui se présente le plus naturellement pour éclaircir celui-ci, c'est que quand les charbons sont entassés, l'action du vent tombe presque entiere sur eux, & peu sur les plaques; le vent ne sçauroit darder le feu contre elles; les couches de charbon les mettent, pour ainsi dire, à l'abri: le vent d'ailleurs enflamme plus vivement une petite quantité de charbon qu'il trouve à son passage, qu'il n'enflammeroit une quantité plus considérable.

Les rebords des couvercles de nos creufets produisent par rapport à ceci un bon effet, comme ils faillent sur les capacités, où sont les charbons, ils rétreussent leurs ouvertures; le charbon y entre plus difficilement. Ces parties saillantes produisent encore un autre excellent effet, elles reverberent le vent sur les charbons.


Ce rétreussissement même, de l'ouverture des capacités, ne m'a pas toujours paru suffisant, il a fallu ajouter d'espace en espace des barreaux qui fissent la fonction de grilles. J'ai fait faire ces bar-



LE FER FORGE EN ACIER. 119

reaux de terre pareille à celle des plaques, un de leurs bouts portoit sur le creuset du milieu, & l'autre sur un de ceux des bouts. Nous avons parlé ci-dessus de deux ouvertures par lesquelles on fait entrer des ringards, qu'on pique horizontalement dans le mur, ces ringards ont aussi un usage semblable.

La seconde remarque essentielle, c'est de ne laisser jamais tomber entre les creusets le charbon qu'il ne soit allumé; autrement il modereroit la chaleur, qu'il est destiné à entretenir & à augmenter. Je voudrois que le charbon n'entrât jamais dans le fourneau, qu'il ne fût presque rouge. Il est incontestable que tout charbon qui entre dans le fourneau, sans avoir pris le degré de chaleur de celui qui y est, refroidit le reste. C'est sans doute cette considération qui a engagé à donner tant de hauteur aux fourneaux ordinaires, où l'on fond la mine de fer; avant que le charbon, qu'on jette noir, soit arrivé à l'endroit où la chaleur doit être violente, à l'endroit où se fait la fusion de la mine, il a eu le temps de s'enflammer entièrement. Pour faire quelque chose d'équivalent dans notre petit fourneau, on n'a qu'à n'y point faire entrer le charbon qu'il ne soit allumé; & on peut aisément le faire allumer sur le couvercle. Nous avons donné un rebord à ce couvercle, qui sert à retenir le charbon qu'on jette dessus; quand la flamme qui passe par les trous du couvercle, a rendu ce charbon presque rouge, on le fait tomber dans le fourneau; en la place de celui-ci on met



d'autre charbon noir ; celui qui est entré dans le fourneau est pour la plus grande partie arrêté par le couvercle du creuset du milieu. On l'y laisse un instant, jusqu'à ce qu'il soit devenu blanc, alors on le tire de dessus le creuset du milieu dans les cavités , au moyen de quoy elles sont toujours remplies par le charbon le mieux embrasé. Si on trouve trop de gesne à faire allumer le charbon au-dessus du couvercle , si on veut le jeter tout noir dans le fourneau , on donnera plus de hauteur à ce fourneau , pour laisser plus d'intervalle entre son couvercle & ceux des creusets , afin que le charbon ait plus le temps de s'échauffer avant de descendre entre les creusets.

Dans la premiere & la seconde heure que le feu a été mis au fourneau , on ne le pressera pas trop , pour donner aux plaques le temps de s'échauffer peu à peu ; elles en résistent mieux dans la suite ; elles se tourmentent moins ; la composition ne s'enfie pas si subitement ; mais cette heure passée , on chauffera très vivement.

Nous avons fait voir la commodité , & la nécessité des Tuyeres par où le vent entre dans le fourneau. Mais nous ajouterons ici qu'il est absolument nécessaire qu'elles soient bien à plomb , pour peu qu'elles inclinassent vers quelqu'une des plaques , le vent agiroit trop puissamment contre l'endroit vers lequel il seroit dirigé , il le mineroit peu à peu & le perceroit à la fin.

Au moyen de la hauteur où sont les ouvertures

LE FER FORGE' EN ACIER. 121

res de ces Tuyeres, au dessus du fond, il n'y a pas à craindre qu'elles soient bouchées par la matiere vitrifiée; mais il peut arriver qu'un charbon tombe dans une de ces ouvertures, de telle maniere qu'il s'y place comme un bouchon, que le vent n'ait pas la force d'enlever. Ce cas est rare, mais quand il arrive, il seroit facheux d'être obligé de retirer le couvercle pour faire entrer un ringard dans le fourneau, qui se refroidît pendant cette manœuvre. On remédie à cet accident au moyen de quatre portes que l'on réserve au cendrier vis-à-vis les Tuyeres. * Dans le besoin on ouvre la porte qui est vis-à-vis de la Tuyere qui ne donne pas assés d'air, on fait passer un ringard crochu, ou un gros fil de fer à Chaudronnier, dans le cendrier, on fait ensuite entrer le bout de ce ringard dans la Tuyere, & on la débouche sans peine. * Pl. 4. L L.

Si au lieu des deux Tuyeres on en place trois, & même davantage, à chaque foyer, il n'y aura nul inconvenient, pourvû qu'elles aient l'épaisseur convenable pour résister au feu. Le vent entrant par plus d'endroits dans le fourneau, la flamme sera dardée moins violemment vis-à-vis chacune des entrées; par conséquent les plaques y seront moins exposées à se fondre. Pour les mettre encore plus en sureté, je propose une nouvelle forme de Tuyere; dont je n'ai pas encore fait l'essay, mais je ne vois aucun lieu de douter qu'elle réussisse. Elle est représentée pl. 3. fig. 8, elle a seule, à peu de chose près, la longueur d'un des foyers, sans en avoir la

largeur ; il sera aisé d'en faire jeter en moule de pareilles. La même quantité d'air étant introduite dans le fourneau, la même quantité de chaleur y sera entretenue ; mais dès que cet air passera par une ouverture considérablement plus grande, il n'y aura plus à craindre que la flamme attaque si vivement les plaques, que certains endroits soient trop minés ; elle agira plus également sur toute l'étendue de la plaque.

Nous nous sommes contentés de faire entendre que l'ardeur du feu de notre fourneau étoit excitée par un soufflet, dont nous n'avons encore donné aucunes mesures : un soufflet double, tels que sont ceux des Fondeurs ordinaires, est tout ce qu'il faut. Celui dont je me suis servi avoit trois pieds & demi de longueur depuis le bout où il est le plus large, jusqu'à la *tetiere* ou tête, c'est-à-dire jusqu'à l'endroit où le panneau supérieur se meut comme au tour d'une charniere. La largeur de son panneau supérieur, & celle de l'inférieur, étoit de 23. pouces près de la queue, & de 17. pouces un quart à l'origine de la tête, ou *tetiere*.

L'action de l'Ouvrier, qui est occupé à entretenir ce soufflet en mouvement, est employée à élever le bout le plus large du panneau inférieur. Ce panneau se meut au tour de la *tetiere*, comme au tour d'une charniere, le poids dont il est chargé le fait redescendre aussi tôt que l'Ouvrier cesse de le tirer. Nous dirons que le soufflet a donné un coup entier quand ce panneau a été élevé, &

qu'il est ensuite retombé par son poids dans l'endroit où on l'avoit pris. Un Ouvrier, uniquement occupé à élever ce panneau, peut commodément, en ne faisant qu'un travail aisé à continuer plusieurs heures de suite, tirer le soufflet 500. à 600. fois par quart d'heure, & élever à chaque fois le bout du panneau inférieur de quatre pouces; ainsi il fera donner au soufflet 500. ou 600. coups complets par quart d'heure. Or si on entretient ce mouvement réglé du soufflet, qu'on ne le suspende, que lorsqu'il faut remettre de nouveau charbon, ou faire descendre celui qui est dans le fourneau, travail dont le même Ouvrier qui tire le soufflet se chargera aussi, & qui servira en quelque sorte à le délasser; & si le fer le plus épais du fourneau, n'a qu'environ trois lignes d'épaisseur & environ vingt de largeur, ce fer pourra être bien converti en acier en un jour, ou au plus dans un jour & demi, s'il y a déjà eu quelques fournées faites les jours précédents. L'opération s'achèvera plus lentement la première fois qu'on chauffera le fourneau, ou ce qui équivaut à la première fois, s'il a été plusieurs jours sans feu, qu'il ait été refroidi entièrement.

La consommation du charbon qui se fera pendant une fournée ne sçauroit aller qu'à six voyes, ou au plus à sept, ce dont il sera nécessaire de se souvenir pour calculer dans la suite à quoy se monteront les frais de la conversion du fer en acier.

Comme il est très-aisé de multiplier les fourneaux de l'espèce de celui que nous venons de décrire, leur peu de capacité n'empêchera pas qu'on ne fasse des manufactures aussi considérables qu'on les souhaittera; dès qu'on y aura plusieurs fourneaux en feu, on fera plusieurs fois cinq à six cent livres d'acier en un ou deux jours; mais si on l'aime mieux, on construira sur le même principe des fourneaux, où l'on convertira en acier telle quantité de fer qu'on voudra à la fois, & en aussi peu de temps.

Un même fourneau expédiera à la fois plusieurs milliers d'acier, si on le souhaite. Pour cela il n'y a qu'à le bâtir plus long que notre petit, proportionnellement à ce dont on veut augmenter sa capacité; je dis le faire plus long, car je ne crois pas à propos d'augmenter considérablement ses autres dimensions. Si on l'élargissoit beaucoup, les plaques auroient peine à se soutenir, à moins qu'on ne les fît plus épaisses. Nous rapporterons dans la suite quelques remarques qui prouveront qu'il ne seroit pas non plus avantageux de l'élever beaucoup. Tout se réduit donc à multiplier le nombre des creusets, & le nombre des capacités qui reçoivent le charbon. Que nous voulions, par exemple, faire un fourneau propre à contenir 1250. livres de fer, nous supposons que le creuset du milieu du petit fourneau en recevoit 350. livres; nous donnons à notre nouveau fourneau la longueur qui lui est nécessaire, pour avoir trois creusets égaux à celui du

milieu de l'ancien fourneau. Au lieu que l'autre n'avoit qu'un grand creuset, & les deux creusets des bouts, celui-ci aura les mêmes creusets des bouts, & trois grands creusets*. Et ces creusets
* Pl. 5. fig. 3.
F, H, G.
 seront séparés les uns des autres par les capacités destinées à recevoir le charbon*, qui ici se-
* L.L.
 ront égales à celles du court fourneau. Chaque capacité à charbon aura ses deux Tuyeres. Or dès-que la même quantité de vent, qui passe par chacune des Tuyeres du court fourneau, passera par chacune de celles du long fourneau, la construction des deux fourneaux étant précisément la même, il est certain que les effets seront aussi les mêmes. Il ne reste donc qu'à donner à chaque fourneau la quantité du vent qu'il demande proportionnellement à sa grandeur; nous calculerons dans l'instant quelle doit être cette quantité & nous verrons qu'il ne sera pas mal-aisé de trouver des soufflets qui la fournissent.

On pourroit croire qu'il vaudroit autant multiplier le nombre des petits fourneaux, que d'en faire un qui en égalast plusieurs en longueur; si cependant on y regarde de près, on reconnoîtra que le long fourneau a des avantages réels sur plusieurs petits qui lui seroient égaux. On a vu qu'il s'en faut que les creusets des bouts ne soient chauffés avec autant de succès que ceux du milieu; en multipliant les fourneaux, on multiplie ces creusets des bouts. Un homme seul veillera mieux à un grand qu'à plusieurs petits. La chaleur

fera plus vive dans le grand fourneau ; car le creuset du milieu du court fourneau doit se ressentir du voisinage des creusets des bouts. De sorte que je ne doute point qu'on ne puisse donner plus de capacité aux creusets du milieu du long fourneau, que n'en a le creuset du milieu du petit fourneau, sans augmenter les espaces destinés à recevoir le charbon.

Dès qu'on le fera plus long , on fera dans la nécessité d'augmenter le nombre des couvercles , c'est à quoy il n'y a nul inconvenient. Il n'est pas nécessaire d'avertir comment ces couvercles doivent être espacés ; où se doivent trouver les trous qui laisseront tomber le charbon ; leur usage, & ce que nous en avons dit ci-devant , l'apprennent assés.

Au lieu de la force d'hommes on peut, & même on doit avoir recours à celle de l'eau pour faire agir le soufflet, ou les soufflets des longs fourneaux que nous proposons, si on les bâtit dans des pays où on ait des courants d'eau. Rien n'oblige aussi de se servir de soufflets doubles ; les soufflets simples & purement de bois, pareils à ceux des fourneaux où l'on fond la mine de fer, y seront employés utilement. Le vent, que ces soufflets pousseront dans un tuyau commun * sera ensuite distribuée en divers tuyaux plus petits *, qui le conduiront au-dessous des capacités où sont les Tuyeres qui lui donnent entrée dans le fourneau ; la distribution du vent s'en fera plus également qu'elle ne se feroit,

* Pl. 5. fig.
3. A.

* B,C,D,E.



LE FER FORGE' EN ACIER. 127

si un seul tuyau le conduisoit dans un seul endroit du cendrier. Je voudrois même que chaque tuyau de subdivision fût quarré, & qu'il eût un modérateur, je donne ce nom à une petite piece propre à diminuer le cours du vent. Avec ce modérateur, on retrancheroit à son gré du vent, qui est conduit entre les creusets, selon qu'on verroit qu'un creuset chaufferoit plus que les autres, ou même qu'une des plaques d'un creuset chaufferoit plus que l'autre, on empêcheroit qu'il ne passât autant d'air par les Tuyeres de ces plaques. Ce modérateur ne seroit qu'une simple piece de bois platte, recouverte de peau de Chamois; chaque tuyau seroit percé d'un trou qui recevroit exactement cette piece.

Cette piece, enfoncée autant qu'elle le pourroit être, boucheroit tout entrée au vent; & le vent auroit un cours d'autant plus libre, ou ce qui est la même chose passeroit en plus grande quantité par un tuyau que par les autres, à proportion que le modérateur seroit plus tiré.

Les faits rapportés ci dessus nous mettent en état de calculer assés précisément la quantité de vent qui doit être fournie par les soufflets pour un fourneau de grandeur quelconque; & si on a des soufflets en place, comme on en a dans les forges, ou fourneaux de fer, on pourra juger de la grandeur des fourneaux à acier auxquels ces soufflets peuvent suffire. Le calcul en est simple, pour ceux qui ont la plus legere teinture de Geometrie;

nous allons en donner des exemples. Ceux qui ne peuvent pas suivre ces calculs, tous faciles qu'ils sont, s'en tiendront à leurs résultats pour juger de la grandeur que doivent avoir leurs soufflets, & aussi de la vitesse de leur mouvement.

Je prens d'abord un soufflet simple, tel que ceux des fourneaux ou forges à fer; ils sont composés de deux caisses de bois, sans cuir, il n'en entre que dans leurs souspapes. Je ne m'arrêterai pas à ce que la construction de ces soufflets, si simples en apparence à d'ingénieux, nous les décrirons ailleurs fort au long; sans même nous embarrasser de leurs mesures précises, qui nous seroient inutiles à présent, je suppose que la fig. 10. pl. 3. est la table, le panneau, ou le dessus de la caisse supérieure d'un de ces soufflets, & que la fig. 11. est un profil, une coupe des deux caisses. E L, I H, est la caisse inférieure; E F G, est la caisse supérieure abaissée, & E K F est la même élevée. Considérons la d'abord dans ce dernier état; le volume d'air qui sera chassé du soufflet quand E K descendra jusqu'en E F, sera égal à une espèce de coing compris entre deux plans paralleles entre eux & à peu près égaux à B B C C, dont l'un passeroit par E F, & l'autre par E K. Je sçai, & j'en expliquerai la raison dans un autre ouvrage, que la base de ce coing est circulaire, cela paroît même ici par la coupe; je ne laisserai pas cependant de la regarder comme plane; une plus grande précision seroit inutile pour le calcul dont nous avons besoin à présent. Pour mesurer la quantité d'air chassée

LE FER FORGE' EN ACIER. 129

sée à chaque coup de soufflet, il y n'y a donc qu'à mesurer la solidité de ce coing. Si nous nommons l la longueur BD du soufflet, e la largeur BB, prise à la tierce; & a , DC, la moitié de la différence qui est entre la largeur du soufflet à la tierce, & de la largeur du soufflet près de la queue, ou ce qui est la même chose que $e + 2a$ soit l'expression de la plus grande largeur, CC, de la table supérieure; h la ligne KF, tirée du milieu de la table supérieure au milieu de la table inférieure, dans le temps que la table supérieure est autant élevée qu'on l'élève à chaque coup; en un mot, h est la mesure du plus grand écartement de la table supérieure. Ces noms donnés, quelles que soient les dimensions du soufflet, on aura pour expression générale du volume d'air chassé à chaque coup, ou de notre espèce de coing $\frac{e}{2} \times \sqrt{ll - \frac{1}{4}bb} + \frac{2}{3} ab \times \sqrt{ll - \frac{1}{4}bb}$. comme il est facile de le trouver.

Cette formule servira pour le soufflet double, comme pour le soufflet simple, à cela près que dans le soufflet double h mesure l'écartement de la table inférieure du soufflet, d'avec la table du milieu, & non d'avec la table supérieure. Le soufflet double chasse l'air pendant qu'il s'enfle, & pendant qu'il s'abaisse, mais la quantité d'air chassée en ces deux temps est toujours égale à ce qui s'en est introduit, pendant que la table inférieure est descenduë. Nous pouvons donc par cette même formule mesurer la quantité d'air que pousse, à chaque coup complet, le soufflet que nous

avons employé ci-devant, & dont nous avons donné les mesures. Ce qui seul feroit du changement à la formule, c'est qu'elle a été prise pour des soufflets de bois, qui sont des caisses dont les parois des côtés & du bout sont presque plates; au lieu que notre soufflet double, & de cuir, a pour parois des plis qui ne sont jamais entièrement ouverts, lorsque le soufflet est ouvert. On pourroit calculer de combien ces plis diminuent son volume, mais l'exactitude de ce calcul n'est pas fort nécessaire. Le temps, employé pour être exact inutilement, est un temps perdu. Nous suppléerons encore par une estime assez approchée à ce qu'il faut retrancher pour les plis.

Substituons donc dans notre formule les dimensions de ce soufflet que nous avons données. Nous avons dit ci-devant que sa longueur est de trois pieds & demi, par conséquent l , feroit, = 42. pouces; mais les plis forment au bout du soufflet des triangles isocelles; la hauteur de ces triangles, où la profondeur des plis est de quatre pouces; & comme le plein des plis est à peu-près égal au vuide, il s'en suit qu'en diminuant notre longueur de deux pouces, nous la réduisons à celle qu'auroit un soufflet de pareille capacité, mais sans plis, ainsi l , devient, = 40 pouces. La largeur du soufflet à la tennere, e , a été trouvée de 17 pouces $\frac{1}{4}$, mais à cause de ce qu'il en faut retrancher pour les plis qui sont de part & d'autre, mais moins profonds que vers le bout du soufflet,

LE FER FORGE' EN ACIER. 131

nous la pouvons estimer à 15 pouces ; ainsi $e = 15$ pouces ; la largeur du soufflet près du bout, $e + 2a$, seroit de 23 pouces , mais comme les plis , qui se trouvent encore de part & d'autre , sont aussi profonds que ceux du bout , il faut en retrancher 4 pouces. Par conséquent $e + 2a = 19$ pouces , donc $a = 2$ pouces. Nous avons aussi déterminé à quatre pouces le chemin que le panneau inférieur parcourt en descendant, ainsi $h = 4$ pouces. Nous avons donc $l = 40$ pouces , $e = 15$ pouces , $e + 2a = 19$ pouces , $a = 2$ pouces , $h = 4$ pouces ; $\sqrt{l - \frac{1}{4}hb}$ se trouvera encore sensiblement $= 40$ pouces , elle ne diffère pas d' l d'une unité , mettant donc ces valeurs dans la formule $\frac{e}{a}b \times \sqrt{l - \frac{1}{4}hb} + \frac{2}{3}ab \times \sqrt{l - \frac{1}{4}hb}$. Toutes les substitutions & réductions étant faites , on aura 1213 $\frac{1}{2}$ pouces cubiques , pour la quantité d'air chassée à chaque coup complet ; qu'on néglige la fraction , & qu'on multiplie cette quantité par 500 , ou 600 qui est le nombre de fois qu'un Ouvrier peut tirer commodément le soufflet par quart d'heure , & on aura en entier la quantité d'air que notre soufflet pousse à chaque quart d'heure. Le nombre de 500 , ou celui de 600 que nous laissons indécis , montrent assés que nous avons été exacts de reste dans les autres calculs. Prenons pourtant un terme moyen, 550, la quantité d'air poussée par quart d'heure sera alors de 667150. pouces cubes.

Si on veut à présent construire un fourneau pareil à celui de la fig. 3. pl. 5. qui ait quatre foyers,

le soufflet sera de 1213 $\frac{1}{2}$ pouces cubes. R ij

au lieu que celui pour lequel nous avons fait le calcul précédent n'en avoit que deux, il suffira qu'une quantité d'air double y soit introduite, & cette quantité d'air double entretiendra un feu qui convertira en acier plus du double du fer dans le même temps, pour les considérations qu'on peut se rappeler. En un mot, si on triple, quadruple, &c. la quantité d'air introduite par chaque quart d'heure, on pourra plus que tripler, & quadrupler la quantité du fer, ou la capacité du fourneau propre à la convertir en acier. Or il est aisé de voir que les soufflets mus par l'eau, tels qu'on en a à présent, fourniront à des fourneaux aussi grands qu'on les voudra. Les soufflets des petites forges, où l'on affine les fontes pour les rendre forgeables, donneroient seuls assez d'air à des fourneaux qui contiendroient plus de six milliers de fer à la fois. Prenons pour exemple une de ces petites forges qui est à Imphy dans le Nivernois. Gens, sur l'exactitude de qui je puis me fier, m'ont assuré que chaque soufflet simple de cette forge donne 206 coups par quart d'heure, je les avois prié d'observer cela exactement; les deux soufflets ensemble, donnent donc 412 coups. La longueur de chacun de ces soufflets où l est de sept pieds & demi, où $l = 90$ pouces; l'élevation du panneau supérieur y est à chaque coup de 14 pouces, $h = 14$ pouces; $\sqrt{l} - \frac{1}{2} h$ approche plus de 90 que de 89. prenons la pourtant $= 89$, & cela au désavantage de nôtre calcul; la largeur de ces soufflets près de la tétière, où e est $= 14$ pouces, & la largeur du

LE FER FORGE EN ACIER. 333

soufflet à l'autre bout, où $c + 2a$ est = 42 pouces, donc $a = 14$ pouces. Ces valeurs substituées dans le formule $\frac{c}{2} \times \sqrt{b^2 - \frac{1}{4}bb} + \frac{2}{3}ab \times \sqrt{b^2 - \frac{1}{4}bb}$ donneront 20151 $\frac{1}{2}$ pouces cubes pour le volume d'air poussé par chaque coup de soufflet. Cette quantité multipliée par 412, nombre des coups donnés par quart d'heure, on aura pour somme de la quantité d'air fournie par nos deux soufflets pendant ce temps 8302349 $\frac{1}{2}$ pouces cubes. Si on la compare à présent avec la quantité d'air poussée par notre soufflet double pendant le même temps, que nous avons trouvée ci-dessus de 667150 pouces cubes, on verra qu'elle est avec elle dans un plus grand rapport que celui de 12 à 1, donc nos deux derniers soufflets fournissent plus de 12 fois autant d'air pendant le même temps, que ne fait le soufflet double de notre court fourneau, ils donneroient donc plus d'air qu'il n'en faudroit à un fourneau qui contiendrait six à sept milliers de fer.

Mais ces derniers soufflets ne sont encore que de petits soufflets ; ceux dont on se sert pour fondre la mine, sont bien autrement grands. Quelque capacité qu'on eût envie de donner aux fourneaux à acier, de pareils soufflets donneroient certainement le vent dont on auroit besoin. Un seul de ces soufflets pousse à chaque coup 98280 pouces cubes d'air. Et dans un temps où ils alloient lentement, j'ai compté qu'ils en donnoient 120 chacun par quart d'heure, où les deux ensemble 240. On aura donc 23587200 pouces cubes d'air four-

nis par ces soufflets, pendant le temps que notre soufflet double n'en a fourni que 667150. ainsi nos deux soufflets donnent dans le même temps plus de 35 fois autant d'air, & par conséquent suffiroient à des fourneaux qui contiendroient plus de 18, à 20 milliers de fer à la fois; or il n'y a guère d'apparence qu'on veuille étendre jusque-là la grandeur de ces sortes de fourneaux.

Les Maîtres de forge, qui peuvent ne se guère embarrasser de faire de pareils calculs, peuvent au moins en tirer pour résultat que les soufflets de leurs chaufferies, ou affineries donneront tout le vent nécessaire à des fourneaux à acier, qui renfermeront cinq à six milliers de fer; & que les soufflets des grands fourneaux où ils fondent la mine, les soufflets de bois qui ont 13 à 14 pieds de longueur, donneront plus de vent qu'il n'en est besoin pour des fourneaux qui contiendront 18 à 20 milliers d'acier. D'ailleurs ils sçavent qu'ils pourront retrancher de cette quantité de vent, ce qu'ils trouveront en avoir de trop; mais laissons ces calculs pour passer à des réflexions sur la construction de notre fourneau & sur celle de quelques autres.

Ce qu'on doit avoir premièrement en vûe dans la construction d'un fourneau, c'est que la chaleur y soit employée le plus avantageusement qu'il est possible; que l'action du feu y tombe le moins qu'il est possible en pure perte; & c'est cependant ce qu'on ne trouve guère dans la plupart des four-

neaux en usage. Je n'examine point, par exemple, si ceux des Fondeurs de cuivre, si ceux des Verreries pourroient avoir des figures plus favorables, que celles qu'ils ont; mais je vois que la plus grande partie de la chaleur de ces fourneaux n'est pas employée à produire l'effet qu'on souhaite. La règle générale pour mesurer la quantité de la chaleur qui agit utilement, c'est de prendre la somme de toutes les surfaces sur lesquelles elle agit, & de voir quelle portion de cette surface totale est celle qu'on a eû en vû de chauffer en construisant le fourneau. On peut appliquer cette règle, à un de nos exemples; si dans le fourneau du Fondeur des menus ouvrages *, je prens la somme de toutes les surfaces chauffées, j'aurai à prendre les surfaces des parois intérieures, la surface du fond, celle du couvercle du fourneau, & la surface du creuset; c'est la surface seule de ce creuset qu'on a en vû de chauffer; & pour remplir cette vû, la construction du fourneau met dans la nécessité de chauffer des surfaces, dont elle n'est visiblement qu'une petite partie. Il ne faut point de calcul pour le reconnoître, il suffit de se souvenir, que le creuset est ici isolé. De même dans les fours de Verrerie, les pots qui contiennent le verre en fusion ont une très-petite surface en comparaison de celle de la capacité considérable du fourneau.

Qu'on applique la même règle à notre fourneau à acier, on verra avec combien d'avantage le feu y agit; si on excepte le couvercle, une fort peti-

* Pl. 21.

re partie du fond , & les pilastres qui séparent les creusets , tout ce qui est chauffé demande à l'être. Il n'y a presque point ici de parois sur lesquelles l'action du feu tombe en perte ; il y a même des cas où l'on peut employer avec profit la chaleur qui agit sur les pilastres ; nous en parlerons ailleurs : car l'usage de ce fourneau ne sera pas borné à la seule conversion du fer en acier.

Outre la matiere combustible qui est consumée inutilement pour chauffer les parois , il y a encore dans la plûpart des fourneaux une autre consommation inutile de cette matiere à laquelle nous ferons prendre garde d'autant plus volontiers , qu'on apprendra en même temps , qu'on doit peu s'écarter des proportions que nous avons données pour le notre. Si on écartoit les creusets l'un de l'autre beaucoup plus que nous ne l'avons fait , qu'on laissât entre eux une plus grande place pour le charbon , on pourroit croire qu'on augmenteroit l'ardeur du fourneau. L'augmentation seroit dans la consommation du charbon , & point du tout dans l'effet produit. Qu'on donne à ces capacités le double de l'étendue que nous leur avons donnée , si on n'augmente pas la quantité du vent , la force qui agira pour faire enflammer le charbon , ne sera que la moitié de ce qu'elle étoit ; de sorte que si l'ardeur , si l'activité du charbon étoit absolument proportionnelle au degré de force qui tend à l'animer , chaque parcelle de charbon , chaque endroit embrasé auroit la moitié moins d'activité

d'activité, il y auroit le double de matiere enflammée, mais d'une matiere la moitié moins active.

Suivons ce raisonnement plus loin, que *aa* & *bb*, pl. 4. soient les coupes de deux creusets égaux; qu'entre *aa* il y ait une colonne de feu la moitié moins large que la colonne qui est entre *bb*; mais que le feu de la colonne *aa* ait plus d'activité. Les creusets *aa* chaufferont plus que les creusets *bb*, la largeur de la colonne ne fait rien, l'effet dépend de l'activité des parties qui agissent contre les parois *aa* & *bb*. Nous pourrions, en augmentant le vent, augmenter l'activité de la colonne *bb*, & lui faire produire autant d'effet qu'à la colonne *aa*; mais alors nous augmenterions la consommation d'une matiere que nous eussions pû épargner en rapprochant les parois *bb*.

La plûpart des fourneaux, tels que sont ceux des Verriers, Potiers, Fayanciers, & les fours ou fourneaux de reverbere, qui, comme ceux-ci sont chauffés avec le bois, ont besoin d'une grosse colonne de feu; mais c'est que cette colonne, après s'être élevée, doit se diviser pour fournir à la vaste capacité de ces fourneaux. Pour échauffer leurs parois, & leurs voûtes, il faut que tout l'air ou le vuide renfermé dans leur capacité, ait au moins le même degré de chaleur que les parois & les creusets du fourneau doivent avoir; & c'est l'employ de cette chaleur, destinée à chauffer ces grands vuides, qui est encore fait en pure perte dans ces.

fortes de fourneaux , & qui n'a presque point de lieu dans le nôtre.

Nous avons encore à rendre raison pourquoi, nous avons plutôt allongé qu'élevé ce fourneau, quand nous avons songé à augmenter sa capacité; pourquoi nous n'avons pas crû lui devoir donner en hauteur une grande partie de ce que nous lui avons donné en longueur. Il sembleroit même qu'un fourneau une fois plus haut qu'un autre, ne demanderoit que la même quantité de vent; car l'air qui entre par le bas du fourneau sort par le haut, ainsi la même quantité d'air agit dans toute la hauteur du fourneau, quelque soit le fourneau. Mais ce qu'il faut remarquer, c'est que cet air n'agit pas par tout avec la même force, & nous avons eu en vûe que notre fourneau fût échauffé à différentes hauteurs, le moins inégalement qu'il seroit possible. Le grand effet de l'air est dans le premier instant qu'il entre dans le fourneau; il agit avec percussion contre les premiers charbons qu'il rencontre; il a encore alors toute la vitesse qu'il a reçue de la pression du soufflet. Cette première vitesse étant amortie par les premiers obstacles qu'il a rencontré, il ne s'élève plus que par sa légèreté, & parce que de nouvel air tend à prendre sa place. Une autre remarque qui pourroit plutôt échapper que la précédente, c'est que quand l'air arrive aux trous du fourneau, il est froid, il est condensé; entré dans le fourneau il s'échauffe, il se dilate: il y a une hauteur à laquelle il a ac-

quis toute la chaleur, & toute la dilatation que l'ardeur du fourneau lui peut donner; or par delà cette hauteur, où l'air s'est autant dilaté qu'il le peut être, il agit moins fortement qu'il n'agissoit auparavant, quoyqu'il ait plus de volume. Cela me paroît appuyé sur l'observation la plus commune; sçavoir que l'air agit avec d'autant plus de succès contre le feu, qu'il est poussé avec plus de force, comme nos soufflets même nous le montrent continuellement. Quand l'air vient d'être introduit dans le fourneau, il se dilate & d'autant plus viste que le fourneau est plus chaud. Cette dilatation se doit faire assés subitement, à peu près comme un ressort se débande. Or dans cet instant il n'agit pas seulement de bas en haut en s'élevant, il agit en tous sens, contre les charbons qui se trouvent de tous côtés, même contre les inférieurs. Cette action étant très-subite, je conçois qu'elle doit faire beaucoup d'impression sur les charbons, elle ressemble en quelque sorte à celle du même air poussé par le soufflet. Dans l'instant suivant, c'est-à-dire, quand l'air s'est à peu-près autant dilaté qu'il peut l'être, il s'élève avec vitesse, parce qu'il est rare; mais il n'a plus cette sorte d'impétuosité que lui donne l'instant où se fait sa dilatation; il n'agit précisément que contre les charbons qui l'empêchent de s'élever. Il en sera donc ici en quelque sorte de la hauteur du fourneau, comme de la longueur du canon; si le canon étoit beaucoup plus long que ne le

240 L'ART DE CONVERTIR
demande le temps nécessaire pour l'inflammation de la poudre, la force de la poudre iroit en diminuant depuis l'endroit où elle auroit été entièrement enflammée; & la force de notre air doit aller en diminuant depuis l'endroit où il a été entièrement dilaté.

Les grands fourneaux où l'on fond la mine de fer nous confirment ces remarques. La chaleur la plus considérable y est au-dessus de la Tuyere, & ne va pas à un pied, ou au plus à deux pieds plus haut; dans les douze à quinze pieds de hauteur qui restent à ce fourneau, la chaleur va toujours en diminuant, quoyque ces sortes de fourneaux se rétrécissent à mesure qu'ils s'élèvent, & que l'air se trouve beaucoup plus resserré vers le haut que vers le bas.

Aussi, quand j'ai voulu augmenter considérablement la hauteur de nos fourneaux à acier, n'y ai-je pas trouvé mon compte. Cependant si on veut remplir le haut des creusets de fer mince, on peut tenir ces fourneaux plus hauts. Si même on aime mieux faire allumer le charbon en dedans le fourneau, que dessus son couvercle, on augmentera sa hauteur de ce qu'il faut pour contenir le charbon noir.

Les plaques qui forment nos creusets, sont encore un grand moyen de mettre la chaleur à profit, si on peut les faire de terre excellente, qui permette de les tenir minces. Mais si les bonnes terres manquent, alors on leur donnera plus d'é-

paisseur. Dans ce cas on pourroit même au lieu de plaques construire des murs de petites briques, qui n'eussent de largeur que l'épaisseur des briques ordinaires.

Mais enfin si on ne s'embarrasse pas de finir l'opération aussi promptement qu'on le pourroit, & qu'on veuille préférer à cet avantage celui de n'avoir point l'embarras de faire des plaques de terre, qui demandent bien des attentions, on pourra employer des plaques de fonte de fer. Nous avons rejeté cette matière dans un autre endroit de ce mémoire; mais ç'a été seulement en supposant qu'on voudroit donner au fourneau toute l'ardeur que les soufflets lui peuvent donner. On fera faire ces plaques d'autant plus minces, qu'on voudra chauffer le fourneau plus vivement; mais toujours les faudra-t-il tenir plus épaisses, que les plaques de terre, si on fait usage des soufflets. Elles se voient au moins autant que celles de terre. Après une fournée, si elles sont très-voilées, il faudra les retourner pour la fournée suivante, mettre en dedans du creuset la surface qui étoit en dehors.

L'air qui entre librement dans le fourneau peut tenir lieu de soufflets, mais foibles. Si on ne veut se servir que de cet air, on lui procurera une plus libre entrée en agrandissant considérablement les ouvertures que nous avons faites au cendrier pour d'autres usages.

En faisant quelques légers changements à notre fourneau, on le rendra propre à être chauffé.

avec du bois, & sans soufflets ; il le faut tel pour servir à l'adoucissement des ouvrages de fer fondu, dont nous parlerons dans la suite ; & il peut aussi être employé à la conversion du fer en acier, qui s'y fera plus lentement, mais avec moins d'embarras. On aura même alors la commodité de pouvoir se servir de plaques de fonte de fer aussi minces que les plaques de terre, & qui ne laisseront pas de durer long-temps.

Pour mettre ce fourneau en état d'être chauffé avec le bois, on lui fera au moins une ouverture au bas de chacune des capacités qui contiennent le feu ; lesquelles ouvertures seront tenues assés grandes pour servir de portes par où on fera entrer le bois*. Elles n'ont pas besoin pourtant d'être bien grandes, car je ne conseille point d'augmenter l'espace qui sépare les creusets. On les chauffera à merveille en ne brûlant que des buches grosses, comme les plus gros bâtons de fagots ; on refendra les grosses buches, si on n'a pas de petit bois ; mais on agrandira les ouvertures LL, & même de façon que les deux réunies n'en forment plus qu'une qui aille jusqu'au bas du cendrier.

Dés qu'il n'y aura plus de soufflet au fourneau, il ne lui faudra plus de Tuyeres. Le fond de l'espace qui est entre deux creusets fera à jour ; il y aura tout du long une ouverture de deux pouces de large ; on peut même la faire plus large, si l'on veut mettre au milieu en long un barreau de fer, pour tenir lieu de grille ; ou, si l'on veut, mettre di-

LE FER FORGE' EN ACIER. 143

vers petits barreaux en travers qui formeront mieux la grille, comme il paroît, pl. 5, fig. 5. en Y. Ce barreau, ou ces barreaux de fer, ou ce qui est la même chose, le mur qui borde cette longue ouverture, seront placés quatre pouces au dessous du fond du creuset, afin que le bois soit un peu plus bas que le fer renfermé dans les creusets.

Quoyque le veritable foyer soit là, il n'y aura nul inconvenient à mettre quelques fois des morceaux de bois minces de bout, ou presque de bout entre les plaques, & cela est même à propos jusqu'à ce que le fourneau soit bien échauffé. Mais qu'on évite, comme nous l'avons recommandé pour le charbon, de mettre trop de bois à la fois.

Le fond du fourneau, c'est-à-dire, les fonds des creusets & ce qui est par de-là, sera bâti de bonnes briques qui résistent au feu. Il n'est pas nécessaire d'avertir que ces fonds doivent être plats; mais si on ne veut pas les soutenir par des barres de fer, rien n'empêche qu'ils ne soient ceintrés en voute du côté du cendrier.

Dès qu'on ne se souciera pas de finir promptement la conversion du fer en acier, qu'on aimera autant faire dans une seule fournée & en plusieurs jours ce qu'on auroit pû faire en différentes fournées, pendant à peu près le même nombre de jours, on pourra agrandir à volonté les capacités des creusets *, alors au lieu d'arranger * Pl. 5. fig. les barres de tous les lits parallelement les unes sur 4. & 5.

les autres, on les arrangera de façon que les barres d'un lit croiseront celles des deux lits, entre lesquelles elles sont renfermées; les barres d'un des lits seront en long, & celle du lit suivant en travers.

Nous nous sommes très-étendus sur tout ce qui a rapport à la construction de nos fourneaux; l'importance de la matière le demandoit. Nous sommes pourtant persuadés que bien des choses nous ont échappé, soit parce que nous ne les avons pas présentes en écrivant, soit parce que nous n'y avons jamais pensé. Nous ne sommes pas moins convaincus, que des expériences réitérées apprendront bien des additions & des changements utiles, qu'on pourra faire à ces fourneaux. Ce que nous en avons rapporté, nous paroît cependant suffisant pour conduire dans la pratique, & pour mettre en état de mieux faire que nous ne l'avons enseigné; l'essentiel de la construction est de disposer les creusets comme nous l'avons fait, tant afin que la chaleur soit employée avantageusement, que pour être en état de voir ce qui se passe en chaque creuset. Au reste si on ne s'embarrassoit pas autant de ménager le bois, le charbon, & le temps que nous avons cherché à le faire, on pourroit se servir de fourneaux de toute autre figure.



Explication de la troisième planche.

E L L E représente un plan, un profil, & plusieurs élévations du fourneau à acier.

La fig. 1. est un plan de ce fourneau.

La fig. 2. est profil pris sur la ligne a b. du plan.

La fig. 3. est une élévation, ou une vûë en perspective de ce fourneau prise parallèlement à la ligne a b. du plan, une partie du fourneau a été emportée, afin qu'on pût faire voir l'intérieur des creusets, & la disposition des endroits où se jette le charbon.

La fig. 4. est encore une vûë en perspective d'une coupe pareille à la précédente. Mais dans celle-ci les creusets sont remplis de barres de fer & de composition.

La fig. 5. est une coupe en perspective du même fourneau prise sur la ligne d c. Le grand creuset par lequel passe cette coupe est rempli de barres de fer, & de composition. Ces barres paroissent dans cette figure selon leur longueur, au lieu que dans la figure précédente, on les voit par les bouts.

Comme on a eu attention de marquer dans ces figures les parties semblables par les mêmes lettres, on les expliquera toutes en même temps.

A, c, b, d. fig. 1. est le massif du fourneau pris vers le rez de chauffée. Quand on donnera au mur plus d'épaisseur qu'il n'en a ici, le fourneau ne sera que plus solide.

ee, ff. Fig. 1. est le plan du vuide de l'intérieur du fourneau.

gg, hh, ii, kk. Fig. 1, 2, 3, 4, 5. marquent les coulisses dans lesquelles entrent les plaques.

l, l. Fig. 1, 2, 3, 4, 5. sont les deux plaques des bouts.

mm. Les plaques du milieu.

nn, fig. 1, 2, 3 & 4, sont les Tuyeres.

oo, fig. 1. est le plan d'une Tuyere d'une autre sorte qui équivaut à plusieurs, & qui peut-être leur pourra être substituée avec avantage. Quoiqu'il y ait dans ce plan deux sortes de Tuyeres, on n'en mettra que d'une sorte, dans chaque fourneau.

p, p, p, p. fig. 1. sont les ouvertures par où on fait entrer un Ringard crochu pour déboucher les Tuyeres quand il en est besoin.

pp, fig. 2. sont d'autres ouvertures plus élevées que les précédentes. On peut agrandir celles-ci, & les faire descendre jusqu'à la hauteur d'où sortent les Tuyeres, alors elles serviront à tirer le verre, & tout ce qui se sera assemblé au fond du fourneau; on les bouchera avec une porte.

q, q 2, q 3; fig. 1, 2 & 5, sont les ouvertures par où on peut tirer des essais du creuset du milieu.

rr, fig. 1, 2 & 3, sont les ouvertures par où on peut tirer des essais des creusets des côtés.

s, fig. 4. Le couvercle du creuset du milieu. tt. Couvercles des creusets des côtés.

u, fig. 3. Couvercle du creuset du milieu d'une forme propre à laisser tomber les charbons. x Couvercle d'un des creusets des petits côtés, qui a la même propriété. y; un pa-

fig. 11.

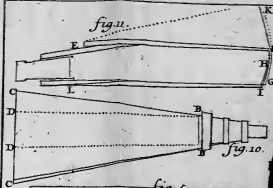


fig. 10.

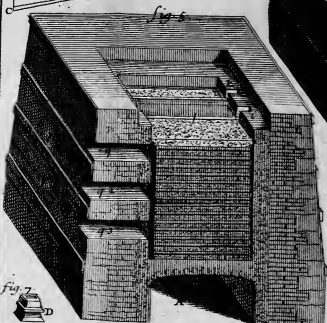
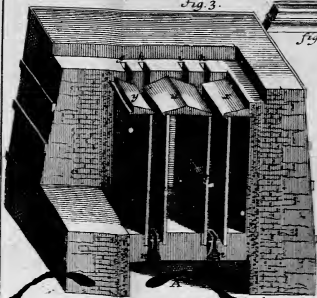


fig. 3.



Rechts 6. p. 146.

fig. 4.

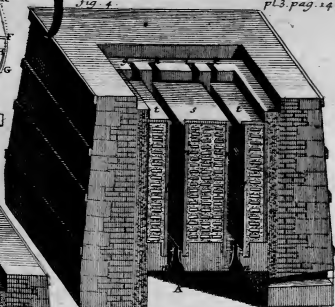


fig. 2.

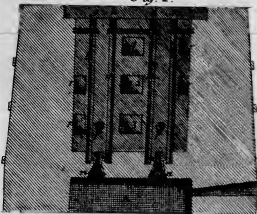
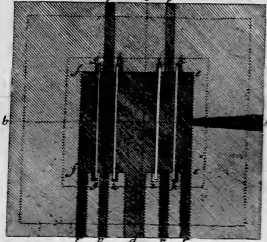


fig. 1.



reil couvercle ; le mur dans lequel il doit entrer a été emporté.

A, fig. 2, 3, 4 & 5. Le cendrier. *A*. le conduit par où le vent du soufflet entre deffous le fourneau, ou dans le cendrier.

Fig. 7. Une Tuyere ordinaire représentée sur une plus grande échelle que le reste. *D*. rebord qui sert à l'arrêter dans la maçonnerie.

Fig. 8. Tuyere oblongue, vue par dessus.

Fig. 10. & fig. 11. sont une coupe, & un plan d'un soufflet simple, qui n'ont nul raport à l'échelle, & qui n'ont été mises que pour aider à entendre les calculs de la pag. 129. & des suivantes.



Explication de la quatrième planche.

A, B, C, D, E, F, G, &c. Est le fourneau représenté en entier, en perspective mesurable.

A le creuset du milieu. *A.* marque aussi l'entaille dans laquelle peut entrer le bout du couvercle de ce creuset.

B, B. Les creusets des côtés.

C, C. Les foyers, ou capannes qui reçoivent le charbon.

D, E, E, D. Les coulisses dans lesquelles entrent les plaques, qui composent les creusets.

F, F₁, F₃. Les fenêtres ou ouvertures, par lesquelles on peut voir ce qui se passe dans le creuset du milieu.

G, G, H, H. Pareilles ouvertures pour les creusets des côtés.

I, I. Petites portes par où on peut faire entrer des instruments dans les foyers.

K, K, K, K. Liens du fourneau. Plus ils seront forts, & meilleurs ils seront.

L, L. Ouvertures par où on fait entrer un Ringard, pour déboucher les Tuyeres.

M. Le porte-vent du soufflet.

N. Le même vu séparément.

O P Q. Différents bouchons des ouvertures *F, G, H.*

R. Le bouchon d'un de ces bouchons.

S, T. Bouchons qui ont eux-mêmes leurs bouchons.

V X. Un de ces bouchons qui a été ouvert.

Y. Bas de la planche, Bouchon d'une des ouvertures L.

Z. Couvercle du creuset A, vu par dessus.

Z 2. Le même couvercle vu retourné.

d, e. Couvercle d'un petit creuset vu par dessus, & par dessous.

f. Clef pour serrer les écroues des liens.

g. Une de ces écroues.

h. Une des pieces d'un lien assemblée avec un bout d'une autre piece par une écroue.

k i. Pieces des liens, qui ont des ouvertures en i & k, pour recevoir les vis qui sont aux bouts des autres pieces.

l, m, n, sont trois couvercles, dont le dessus à une pente qui donne la facilité au charbon de tomber entre les plaques.

o, p, q, r, s, t. Le grand couvercle du fourneau.

o, q. Ses liens.

o, p, marquent aussi deux tourillons par lesquels on le suspend.

r. Trou par lequel on fait sortir le charbon.

s. Trous qui servent de registres.

t, u. Trous par lesquels on introduit des verges de fer pour faire descendre le charbon.

x, z z z z, y. Un des liens du couvercle vu séparément. z z z z, les tourillons. y, piece qui tient au tourillon, & prend le couvercle par dessous.

5. Le couvercle retourné sans dessus dessous.

6. Double anse avec laquelle on eleve le couvercle.

7. Le bouchon du couvercle garni de tous ses petits bouchons.

8. *Le même à qui les bouchons ont été ôtés.*

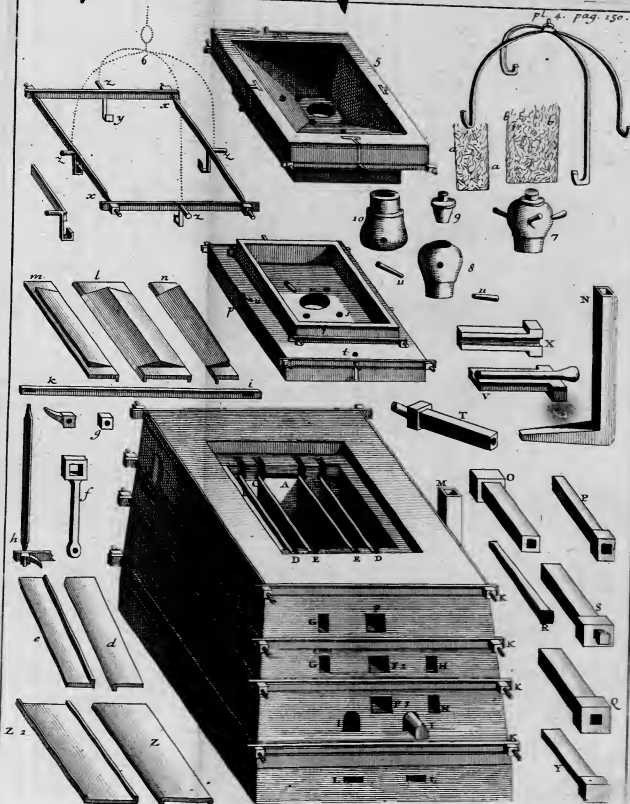
9. *Gros bouchon du bouchon.*

10. *Le gros bouchon retourné.*

11. *Les petits bouchons du bouchon.*

a a, b b, sont deux figures qui n'ont d'usage, que pour faire entendre les remarques de la pag. 137.





Echelle de six pieds.

151

Explication de la cinquième planche.

L *A* fig. 1. représente le fourneau chargé, & sur lequel on vient de mettre le couvercle, où d'où on est prêt à l'ôter. Car lorsque le fourneau est en feu, les anses ne sont pas sur le couvercle, comme elles y sont ici.

a. Le manteau de la cheminée.

b. Le soust-t. *d.* Chaîne avec laquelle on le tire.

c c. Double anse qui sert à enlever le couvercle.

f, g. Levier auquel l'anse est suspendue.

h. Potence qui soutient le levier.

La fig. 2, bat de la terre pour en faire des plaques. L'endroit *o*, où cet Ouvrier est placé, est plus bas que la table, *p*, sur laquelle il frappe.

q. Tas de plaques finies.

r, s, t, bâtis de fer où sont arrangées des plaques, que l'on veut faire cuire.

x. Table de bois propre à faire les plaques mise en mesure sur l'échelle du bas.

x 2. Coupe de la même table.

y y, z. Terre façonnée en plaque, qui est encore sur la table. Elle déborde en *y y*; en *z y*, on a coupé ce qui débordoit.

La fig. 3. est le plan d'un fourneau à qui on a donné cinq creusets.

A, est l'endroit où est coupé le tuyau de conduite du vent des soufflets. Ce tuyau après s'être divisé en deux branches, se partage encore en deux autres.

E D C B, sont ces quatre branches, où les quatre porte-vent, en *E, D, C, B*, sont leurs modérateurs.

F, G, H, sont les plans des trois grands creusets.

I, K. Les plans, des deux creusets des bouts.

L L L L. Les quatre foyers.

M M, &c. Les ouvertures des creusets.

O O. Les ouvertures qui pénètrent dans les foyers.

La fig. 4. est le plan d'un fourneau dont le creuset du milieu est carré ou à peu près. Dans cette fig. & la précédente on ne s'est pas embarrassé de donner au mur autant d'épaisseur qu'il lui en conviendrait, pour ménager la place.

P Le creuset du milieu. *Q Q*, Les deux creusets des bouts.

R R. Les foyers, où on peut jetter du bois, si l'on veut.

La fig. 5. est une élévation de ce fourneau prise sur la ligne, *Q Q*.

X, est une coupe du creuset du milieu, où on voit alternativement des bouts de barrés & des barres de long.

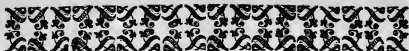
S, T. Deux ouvertures par où on voit ce qui se passe dans un des creusets des bouts.

Z. Le creuset de l'autre bout, qui ici est ouvert.

V. Porte par où on peut faire entrer le bois dans un des foyers.

Y. L'autre foyer, dont le devant a été emporté pour faire voir la grille qui soutient le bois.





CINQUIEME MEMOIRE,

*Sur la nature des differentes especes des fers
considérés par rapport aux dispositions
qu'ils ont à être convertis en acier.*

TOUS les fers ne sont pas également propres à devenir de bons aciers ; les uns méritent d'être employés par préférence à d'autres ; & il y en a qui doivent être absolument rejetés. Malgré le changement qui se fait dans leur tiffure pendant l'opération, ils conservent quelque chose de leurs bonnes, & de leurs mauvaises qualités : quelques-uns demandent une durée de feu, qui rendroit les autres des aciers intraitables ; il en est de même, comme nous en avons averti plusieurs fois, de la force & de la quantité de la composition, dont on les entoure ; les uns veulent moins de composition, ou une composition plus foible, que celle qui convient aux autres ; c'est sur quoy il est important d'avoir des regles. Je donne ici celles que j'ai tirées des observations que j'ai faites sur un grand nombre d'especes de fer. J'ai comparé le plus exactement qu'il m'a été possible les effets que produisent le feu & les compositions différemment dosées sur chacun de ces fers. Quoyque les regles

qu'elles m'ont fournies , me paroïssent propres pour conduire dans la pratique, & que généralement parlant, je les aie trouvées constantes, je ne voudrois pourtant pas assurer qu'il n'y en ait aucune qui souffre exception ; les regles que nous voulons donner, pour être d'usage, doivent être fondées sur des qualités que les yeux puissent appercevoir ; or les fers peuvent avoir des propriétés intimes, que la seule inspection ne sçauroit découvrir. Cependant comme l'arrangement, & la figure des parties sensibles est ordinairement l'effet de certaines dispositions, & qualités des parties insensibles, les regles tirées de la figure, & de l'arrangement des parties sensibles, dont le fer est composé, sont assez sûres, & apprennent assez bien ce qu'on doit attendre d'un certain fer, & de quelle maniere on le doit traiter.

Mais la premiere regle, que nous allons établir, est absolument indépendante de la connoissance de la structure intime de ce metal ; elle est pour toutes les especes de fer. C'est qu'on doit éviter d'employer des barres qui aient beaucoup de pailles, de gerfures, des especes de cassures ; on doit choisir, autant qu'il est possible, des barres très-nettes, bien forgées. Il conviendrait à ceux qui veulent faire des établissemens pour convertir le fer en acier, d'avoir à leur disposition une de ces grosses forges où l'on affine la fonte, & où on la réduit en barres ; ils en seroient plus en état de choisir le fer qui a été forgé net, ils le destineroient

à devenir acier , & vendroient le reste en fer. Les barres qui ont des pailles , gersures , ou autres défauts semblables , donnent souvent des aciers de rebut ; les endroits , où sont ces sortes de fentes rarement se soudent bien , on a beau les forger avec soin ; quoyqu'au sortir de la forge , ils paroissent quelques fois réunis , la détrempe en découvre le foible ; ils ne manquent guère de s'y entr'ouvrir ; la peine qu'on avoit prise à en forger un outil se trouve perduë.

Il y a des fers , que les Forgerons appellent *rouvelins* , qui sont à proprement parler en fer , ce que nous avons nommé en acier des aciers intraitables ; ce sont ceux qui pendant qu'on les forge chauds , se rassemblent difficilement , qui quelques fois se cassent sous le marteau , ou qui y souffrent un déchet considérable , par la quantité des parcelles qui se détachent. J'en ai trouvé de cette nature , parmi des fers dont les caracteres sont fort opposés. J'ai vû du fenton de Berry très rouvelin , & j'ai trouvé plus souvent le même défaut à du quarillon du Nivernois. C'est une regle certaine qu'on ne doit jamais tenter de convertir en acier de tels fers ; cette conversion rend quelques fois difficiles à forger les fers qui se forgeoient le mieux ; il n'y a donc pas lieu d'espérer qu'elle corrige ce défaut dans ceux qui l'ont déjà , aussi l'augmente-t-elle. Il est aisé de s'assûrer si le fer , dont on veut se servir , a cette mauvaise qualité , pourvû qu'il vienne tout d'un même fourneau , & d'une

156 L'ART DE CONVERTIR
même mine ; pour épreuve , il suffira de forger
quelques barres presque fondantes , de leur don-
ner ce que les Ouvriers appellent des Chaudes suan-
tes.

On sçait qu'en général il y a des fers doux , &
des fers cassants ; des fers dont les barres se laissent
plier & replier à froid , & d'autres , au contraire ,
dont les barres se cassent facilement. Les fers doux
& les fers cassants ont des structures différentes ,
mais tous les fers doux n'ont pas une même struc-
ture , & les fers cassants en ont aussi de différen-
tes. Ce que j'appelle la structure des fers , c'est
la figure , la grosseur , & l'arrangement de leurs
molecules ; & c'est par leur cassure , par la sur-
face des endroits où ils ont été cassés , qu'on
peut juger de ce que ces molecules ont de diffé-
rent. Cassés des pierres de différentes especes , les
cassures montrent la difference des grains de cha-
cune : rompés différentes especes de bois , sur les
endroits où ils ont été rompus , vous reconnoi-
trés des fibres de différentes grosseurs , & quelque-
fois différemment disposées. Cassés des barres de
différents fers , & vous appercevrez sur leur cas-
sure des variétés si notables , qu'à la vûe simple ,
les cassures des barres paroîtront quelque fois plus
différer entre elles , que ne paroissent différer des
metaux différents , comme le plomb , l'étain , &
l'argent : non seulement on y observera autant &
plus de variété en couleur , mais on y trouvera
encore de plus grandes variétés pour la figure &c.

Parrangement des parties. En faisant une attention médiocre aux cassures de ces différentes sortes de fers , on voit d'abord qu'on peut les diviser en deux classes , en fers qui sur leurs cassures ne montrent que des grains , ou des lames , & en fers dont la cassure paroît remplie de fibres. Celle des fers de la première classe ressemble ou à la cassure des pierres , ou à celle de l'étain de glace ; & la cassure des fers de la seconde classe ressemble à celle du bois ; les Ouvriers disent que ces derniers ont des chairs. Mais cette division est trop générale , le détail , où nous avons besoin d'entrer , demande des divisions plus fines.

Ces deux classes nous fourniront sept especes de fers, qu'on peut caractériser par des signes assés précis pour être reconnus par ceux qui font un peu en usage de voir des cassures de ce metal. Nous allons tâcher de donner chacun de ces caractères , & nous marquerons ensuite comment ces différents fers nous ont réussi en acier , & comment il les faut traiter.

Je mets dans la première espece un fer qui généralement est regardé comme mauvais * ; sa cassure montre des lames blanches , très-brillantes , qui sont comme autant de petits miroirs , mais de figure irrégulière , & arrangées irrégulièrement ; elles ressemblent assés à celles de la cassure de l'étain de glace. Ces lames sont communément grandes ; mais il y en a qui surpassent beaucoup les autres. J'en ai quelques fois mesuré , dans la cas-

sure de grosses barres, qui avoient plus de deux lignes de diamettre. Les lames laissent entre elles des espaces qui sont occupés par des parties beaucoup plus petites, & qui semblent des grains. Je nomme le fer de cette premiere espece, fer à grandes, ou grosses lames.

Je fais la seconde espece de fers, qui comme ceux de la premiere, ont à leur cassure des lames brillantes, & blanches; mais plus petites que celles des fers de l'espece précédente, beaucoup plus égales entre elles & arrangées moins irrégulièrement; elles ne laissent point, ou laissent très-peu d'espaces entre elles qui soient remplis par des grains. Au reste il y a de ces fers, dont les lames sont considérablement plus grandes que celles des autres. Un fer fort connu à Paris sous le nom de fer de *roche*, peut donner un exemple des fers de cet espe-

* fig. 3, 4, 5. ce*.

Les fers que je range dans la troisiéme espece ont encore des lames blanches, & brillantes, plus petites que celles du fer de *roche*; mais ce qui caractérise davantage ce fer, c'est que toute la cassure n'est pas occupée par des lames; il y a de petits espaces où on ne voit que des grains fins, de couleur grisâtre, assez semblables à ceux d'un acier médiocrement fin, cassé au-dessus de l'endroit, où disparoissent les grains brillants que prend l'acier, lorsqu'il est trempé fort chaud*. Les grains de notre fer n'ont pourtant pas un air si arrondi que ceux de l'acier, dont nous parlons. Ces espaces

* Fig. 6. 7. 8.

grainés sont placés différemment dans différentes cassures des fers de cet espece, & n'ont ni grandeur, ni figure constante; il y en a quelques fois qui ont une ligne de largeur, sur trois à quatre de longueur. Pour l'ordinaire ils n'occupent néanmoins que la moindre partie de la cassure, les fers qu'on vend à Paris sous le nom des bons fers communs, sont fréquemment des fers de cette espece.

On peut faire la quatrième espece de fers, qui ne diffèrent guère de ceux de la précédente, que par le plus & le moins; ils ont de même des lames brillantes, & des espaces remplis de grains très-fins & gris; mais ce qui distingue ceux-ci des autres, c'est que les espaces remplis par des grains, surpassent ou égalent au moins les espaces remplis par des lames. D'ailleurs les lames ne sont ni si blanches, ni si vives que celles des fers de la troisième espece *. J'ai toujours trouvé ce caractère aux fers de Suede qu'on nous envoie; mais il ne leur est pas particulier.

* Fig. 9.

Nous avons un caractère encore plus marqué pour distinguer des fers précédents, ceux que nous rangeons dans la cinquième espece; ils n'ont point de lames brillantes, leur cassure paroît entièrement grainée. Ils diffèrent même par cette grainure des fers de la troisième & de la quatrième espece, la leur est à plus gros grains. Les fers de Champagne, de Nivernois, &c. qu'on forge en barres quarrées & qu'on nomme quarillons, ont tous cet

re structure. Je l'ai quelquefois trouvée à du fer de Berry très-doux, tel que celui qui est représenté, fig. 10. Quelquefois aussi les quarillons de Champagne, & de Nivernois n'ont pas le grain si arrondi que celui de la fig. 10. leurs grains sont plus petits, plus plats, & mêlés avec quelques lames comme il paroît dans la fig. 12. & mieux encore dans les fig. 11 & 14, qui représentent les deux espèces des grainures de ce fer grossies à la loupe.

Il y a des fers qui tiennent quelque chose des cinq espèces précédentes, sans ressembler à aucune, qui paroissent mériter de faire une classe à part, ils seront aussi dans la sixième. Ces fers n'ont précisément ni lames brillantes, ni grains; au moins les lames sont rarement assez plates pour pouvoir porter le nom de lames, & rarement assez convexes, pour que celui de grains leur convienne; elles semblent pourtant tenir plus des lames que des grains; mais elles n'ont jamais ni la blancheur, ni le brillant des lames des fers des premières espèces: enfin on remarque plus souvent dans les cassures de ces fers des paquets de fibres fines, que dans les cassures des autres. Le fer de Berry qu'on vend en barres larges & épaisses, ont pour l'ordinaire ce caractère. Il n'eût pas été trop aisé à représenter; mais la fig. 11. qui n'est pourtant que la grainure de la fig. 10. grossie au microscope, peut aider à en prendre juste idée: ces grains sont au moins aussi gros

à la vuë simple, que les autres le sont à la vuë aidée du microscope, mais ils sont plus aplatis.

Enfin les fers dont nous composerons la septième espece, ne montrent presque que des fibres dans leur cassure; elle ressemble toujours à celle d'un morceau de bois rompu. Ce sont ces fers qu'on appelle communement des fers doux *. Tel est le fer de Berry bien forgé & étiré en bandes ou barres minces; tels sont les fers de la Forge de Painpont en Bretagne; les fers doux, ou foibles du pais de Foix, & ceux de quantité d'autres forges du Royaume.

Il y a une infinité d'especes de fers moiennes entre celles que nous venons de determiner, mais il eût été inutile de pousser la division plus loin; les caracteres n'eussent pas été assés reconnoissables. D'ailleurs ce que nous dirons des fers des especes qui se suivent, fera assés connoître ce qu'on doit attendre de ceux qui se trouvent placés entre deux, selon qu'ils approchent plus de l'une ou de l'autre. Au reste quand nous avons déterminé sept especes de fers differens, nous n'avons pas voulu faire entendre que les mines, ou fontes, d'où ils viennent, fournissent essentiellement ces differences; nous avons voulu seulement faire remarquer qu'ils les ont. Nous sçavons que le fer de la sixième classe deviendrait le fer de la septième, si on l'étiroit davantage; cela n'empêche pas qu'il ne soit un fer different, quand il n'a pas été forgé jusques à ce point. Nous avons fait voir même ailleurs, qu'on

pourroit ramener le fer de la premiere espece à celui de la quatrième, en le travaillant à un grand nombre de reprises. Mais cela ne se pourroit sans perdre beaucoup de fer, & sans employer beaucoup de temps ; en un mot nous avons eu en vuë de determiner les differences qui sont entre les fers, dans l'état où ils sont lorsqu'on les vend. A mesure qu'on les travaille, on les affine davantage, on change leur nature.

Il y a plus, ces caracteres ne sont pas invariables dans les fers venus d'une même mine, affinée & forgée de la même maniere ; la plûpart de ces caracteres peuvent se trouver rassemblés dans la même barre ; cassée dans un endroit, on peut n'y trouver que des fibres ; cassée dans un autre, on n'y trouvera que des lames, ou des grains ; & dans d'autres, des lames, ou des fibres mêlées en différentes proportions. J'ai trouvé même des fers où toutes ces varietés étoient réunies dans la même cassure.

Malgré cette espece de confusion, l'application de nos remarques ne donnera aucune peine à ceux qui auront à employer du fer de certaines forges. Si les cassures des barres d'un fer ont ordinairement des fibres, ce fer sera regardé comme fer fibreux, quoique quelquefois on y rencontre des lames. De même les fers qui ordinairement ont des lames, ne seront pas regardés comme fers fibreux, quand quelques-unes de leurs cassures auront des fibres. Les regles sont fondées sur ce qui

LE FER FORGE' EN ACIER. 163
arrive le plus ordinairement , & non sur ce qui
arrive toujours.

Venons à present aux remarques qui nous ont
obligé à caracteriser les fers , parcourons - en les
differentes especes. Celui de la premiere , le fer à
grandes & grosses lames, mal arrangées , & qui est
generalement regardé comme mauvais en qualiré
de fer , est aussi très mauvais pour l'acier ; il est
absolument à rejeter. L'acier qu'on en fait ne scau-
roit soutenir le marteau ; quelque peu qu'on le
chauffe , dès qu'on le frappe , il tombe en petits
morceaux ; enfin ce qu'on en peut conserver , est
tout plein de crevasses , & de gersûres. Nous avons
dit ailleurs que les aciers qui ont souffert un feu
trop long sont , generalement parlant , difficiles à
forger ; les aciers venus de ce fer sont dans le mê-
me cas , quelque peu de feu qu'on leur ait donné ;
lors même qu'il n'y a encore qu'une partie de l'é-
paisseur de la barre qui soit devenuë acier , si on
retire cette barre du fourneau & qu'on la forge ,
tout ce qui est acier ne soutient point le marteau ,
& pour le moins reste très gerseux.

Le fer de la seconde espece , celui dont les la-
mes sont plus petites , plus égales , mieux arran-
gées , mais qui n'a que des lames ; ce fer , dis-je ,
qui est fort employé à Paris sous le nom de fer de
roche & estimé par les Ouvriers qui font des ou-
vrages qui demandent à être nets & polis , est en-
core un mauvais fer pour l'acier ; autant qu'il se
travaille bien en fer , autant se travaille-t'il mal en

acier. Les aciers qui en viennent ne sont pas tous à fait aussi intraitables que ceux que donne le fer de la première espèce ; mais ils le sont assez pour qu'on ne doive pas chercher à en faire des pareils.

Je suis pourtant parvenu quelquefois à faire d'assez bons aciers de ces fers, mais avant de les mettre dans le fourneau, j'avois fait étirer les barres ; je les avois fait changer en d'autres qui avoient la moitié moins d'épaisseur & de largeur ; & selon les remarques que nous avons fait ci-devant, ce travail avoit pu changer la qualité du fer & le ramener à être semblable à ceux que nous avons rangés sous d'autres espèces, ou à l'en rapprocher.

Si on vouloit, après une préparation pareille, convertir ces sortes de fers en acier, il faudroit surtout avoir attention à leur donner une composition des plus foibles. Ils ne demandent pas non plus une longue durée de feu. Leur conversion s'achève plus aisément, & plus promptement que celles des autres fers dont nous parlerons dans la suite, mais à peu près dans le même temps que celle des fers de la première espèce.

La structure de fers de ces deux premières espèces semble nous fournir les causes de tous ces faits. Ils sont composés de grosses molécules, quelquefois mal arrangées, & qui toujours laissent entre elles de grands espaces. Les soufres & les sels qui agissent pendant l'opération écartent encore des parties qui tiennent déjà mal ensemble.

Ce raisonnement est encore fortifié par l'observation que nous avons rapportée , que le fer de roche , ou de la seconde espece , qui a été forgé & étiré avant d'être mis dans le fourneau , a été changé en acier traitable. En le forgeant une seconde fois on a rapproché ses parties , on a diminué les vuides qu'elles laissent entre elles ; il en est resté moins spongieux , moins en état de boire les souffres & d'en loger des amas aussi considerables.

Les fers de la troisiéme espece, qui ont de petites lames , mais de plus quelques espaces occupés par des grains , se changent pour l'ordinaire en bons aciers , surtout si on les fait étirer une seconde fois avant de les mettre dans le fourneau. La plupart de ces fers n'ont pas besoin néanmoins de ce surcroît de façon ; ils ne veulent pas une composition extrêmement forte , ils demandent un feu moins long que celui qui convient à quelques autres especes de fers ; ils se changent en un acier qui prend un grand degré de dureré , & qui est beaucoup plus blanc que celui qui vient des fers dont nous parlerons dans la suite. Car en general les aciers tiennent de la couleur qu'avoient les fers. Les aciers faits de fer brillant sont plus blancs , & ceux qui sont faits de fers ternes , sont plus gris.

La quatrième espece de fer , celle qui a pour caractere d'avoir des espaces remplis de grains extrêmement fins , & où ces espaces surpassent , ou égalent au moins , ceux qui sont occupés par des lames très petites & moins brillantes que celles des

fers des deux premières espèces, ces fers, dis-je, sont de ceux qu'on peut le plus sûrement employer à faire de l'acier. Les aciers dans lesquels ils sont convertis, sont gris, ils se forgent à merveille, ils conviennent aux ouvrages qui demandent à être finis avec le plus de propreté; il n'est pas aussi certain que ce soient les aciers les plus durs. Ceux de fers de la troisième espèce, & quelques-uns de ceux des espèces suivantes, m'ont paru quelquefois avoir sur eux l'avantage de ce côté-là. Ils ne craignent point les compositions fortes. Ils sont de tous les fers ceux qui m'ont semblé avoir besoin d'une moindre durée de feu pour devenir acier, & de ceux qui peuvent plus le soutenir par-de-là le point qui leur est nécessaire.

On en trouve aussi les raisons dans leur structure, étant composés de molécules très fines, & par-là les vuides étant multipliés & divisés, les matières qui sont introduites pendant l'opération, rencontrent une infinité de passages, pour arriver jusqu'au centre de la barre; & cela sans trouver de molécules vuides où elles puissent s'amonceler en trop grande quantité, pour agir ensuite trop puissamment contre les parties du fer, pour les empêcher de tenir assés ensemble; de-là vient sans doute que cet acier soutient bien les coups de marteau, lors même qu'il a souffert l'action du feu, & celle des drogues plus qu'il n'en avoit besoin.

Il y a encore une autre raison de ce que ce fer est converti en acier plus promptement que quel-

ques autres. Tout ce qu'il a de grainé peut être regardé, comme une sorte d'acier naturel, à la vérité encore imparfait, mais à qui il faut moins qu'au fer pour être entièrement acier. Pour m'assurer de cette conjecture, j'ai chauffé & trempé très chaud de ces fers. Je les ai ensuite essayés à la lime, il y avoit des endroits, qui étoient ceux, qui avoient des grains avant la trempe, sur lesquels la lime ne mordoit point, ou à peine; ils avoient, comme l'acier trempé chaud, de gros grains blancs & brillants; les endroits qui entouroient ceux ci avoient un grain fin grisâtre qui ne résistoit point à la lime.

Les fers de la cinquième espece, ceux qui sont grainés à gros grains, comme les quarillons de Champagne & de Nivernois, sont plus long-tems à être changés en acier que les fers de la quatrième & même de la troisième espece. Leurs molécules sont plus grosses que celles de la quatrième espece, & apparemment plus serrées, plus difficiles à ouvrir que celles de la troisième espece. Il y a de ces fers qui se changent en des aciers gris, qui se travaillent bien. Je n'en ai point trouvé qui résistent mieux en ciseau à couper le fer à froid. Mais il ne faut pas leur faire souffrir un feu trop long, autrement ils deviendroient gerseux. Le mieux aussi sera de leur donner une composition moins forte, qu'à ceux de la quatrième espece. Entre ces fers, surtout entre les quarillons de Champagne & du Nivernois, il s'en trouve qui étant fers, sont naturellement très difficiles à forger; nous avons fait

une regle generale pour exclure tous les fers de cette nature. J'ai trouvé des fers de Berry de cette espece qui se changeoient dans les aciers les plus durs, les plus fins, & les plus aisés à travailler.

J'ai essayé ce qu'on appelle dans le pays de Foix des fers forts, qui sont des aciers naturels assez grossiers, ou si l'on veut, des fers qui tiennent de la quatrième & cinquième espece, il n'étoit pas possible d'en faire des aciers fins, parceque ceux que j'ai eu, étoient naturellement difficiles à forger.

Les fers de la sixième espece, qui n'ont, à proprement parler, ni grains, ni lames, ne sont pas toujours des fers bien sûrs; il leur arrive assez souvent de devenir des aciers un peu difficiles à travailler. Mais, s'ils ne sont tels que parce qu'ils sont en barres larges, & épaisses, comme nous en avons souvent de fer de Berry, on doit les regarder comme un fer qui n'a pas été assez façonné; il faut les forger pour les réduire en barres plus étroites & plus minces; & cela d'autant plus volontiers que nous avons remarqué ailleurs qu'il y a de l'avantage à mettre au feu des barres minces; outre que les barres de cette épaisseur excessive conviennent à peu d'ouvrages d'acier: après cette façon, ils sont des fers de la septième espece, ou en tiennent beaucoup.

Quand les fers de la septième espece, les fers dont la cassure est toute fibreuse, ou fibreuse pour la plus grande partie, quand ces fers, dis-je, ne sont point rouvelins, ils donnent des aciers excellens,

lens, qui ont surtout beaucoup de corps. De tous les fers ce sont ceux qui m'ont semblé demander une plus longue durée de feu, pour être entièrement convertis; le feu paroît aussi avoir plus d'ouvrage à faire. Avant d'arranger les lames, il faut qu'il coupe les fibres, qu'il en rassemble les parties. Ces fers soutiennent des compositions assés fortes.

Les fers fibreux fournissent seuls assés de combinaisons pour faire quantité d'autres especes de fers; car tantôt les fibres occupent une plus grande, & tantôt une plus petite partie de la cassure; le reste de la cassure est tantôt rempli par de grosses lames, tantôt par de petites, tantôt par des grains. Mais il est aisé de juger de la nature de ces fers par ce que nous avons dit, car les fibres ne sont jamais ce qui les gâte. Si le fer de la quatrième espece joint à ses petites lames, & à sa grainure fine des espaces occupés par des fibres, il n'en vaudra pas moins; si les fibres se rencontrent avec des lames aussi grandes, que celles du fer de la première espece; ce fer, qui n'ayant que des lames, auroit été mauvais, pourra être passable. Les fibres se rencontrent pourtant quelquefois avec des lames de grandeur mediocre dans certains fers, qui deviennent des aciers assés peu traitables.

Outre les variétés que les différentes figures, ou les différents arrangements des parties, introduisent dans les couleurs des fers, il y en a où la cassure étant à peu près semblable pour le reste,

ont pourtant des couleurs différentes , qui sont plus ou moins blancs , plus ou moins brillants ; le brillant excessif n'est pas toujours d'un bon présage , mais une couleur trop terne , trop noirâtre , est aussi souvent un mauvais signe. J'ai éprouvé du fer d'une forge de Normandie , des environs de Caen , dont la cassure avoit un grain égal , mêlé avec beaucoup de fibres ; ce fer qui par-là sembloit promettre , s'est converti en mauvais acier ; la couleur de ce fer est presque noirâtre.

Une regle generale , & qui peut être regardée comme un résultat des observations que nous venons de rapporter. C'est que , plus les parties sensibles , dont un fer est composé , sont petites , plus elles sont arrangées regulierement , & plus propre est ce fer à être converti en acier. Les fers composés de petites lames sont bons , & d'autant meilleurs que les lames sont plus petites. Les fers grainés sont d'autant meilleurs qu'ils sont grainés plus fin. Le fer fibreux , dont les fibres sont les plus fines , est dans cette espece celui qui merite d'être préféré.

Au reste comme la consommation du fer , employé en fer , est incomparablement plus grande que celle de l'acier , on n'a pas besoin que toutes les forges d'un Etat fournissent du fer propre à devenir acier , & on en trouvera de reste de ce dernier genre dans la plûpart des Provinces du Roiaume. Nous avons déjà dit , que quand il faudroit avoir recours aux fers de Suede , que l'inconvenient

ne seroit pas grand , puisqu'on peut l'avoir , dans nos ports , à peu près au même prix que le nôtre. Mais nous sommes bien éloignés d'être dans cette nécessité. J'ai essayé des fers de Berry de plusieurs forges , qui ont bien réussi. J'en essaie de bon du Nivernois. On m'en a apporté des forges d'auprès de Maubeuge , qui a été converti en bon acier ; on n'en sçauroit souhaiter de meilleur que celui que j'ai fait avec des fers qui m'ont été envoyés de Vienne en Dauphiné , qui venoient de fonte de Bourgogne ; le Dauphiné a aussi les fers d'Allevard qui réussissent parfaitement. Il y a à Painpont en Bretagne une forge dont le fer , qui m'a été envoyé , s'est converti en bon acier. Des forges de l'Angoumois , je n'ai essayé que celui de la forge de Rancogne à quatre lieuës d'Angoulême , qu'on peut hardiment convertir en acier , s'il est communément de la qualité de celui que j'en ai reçu. J'ai éprouvé du fer de la forge du Roc , en Perigord , qui s'est trouvé bon. Je ne connois point de fer plus propre à faire de l'acier que celui que donne la mine de Biriadou , païs de Labour , près de Baïonne ; cette mine est négligée depuis long-temps ; on en fit en 1716. un essay par ordre de son Altesse Royale , un échantillon du fer venu de cet essay , me fut remis , je l'ai éprouvé en acier qui est du meilleur qu'on puisse souhaiter.

Je pourrois pousser plus loing cette énumération , mais il suffit qu'on entrevoie que dans la plupart des Provinces du Royaume on peut faire de

bons aciers. Je pourrois aussi citer des fers de la plupart de ces Provinces, qu'on doit toujours laisser en fer, & même quoique très-bons en fers: mais les regles que nous venons de donner, aideront à reconnoître ces sortes de fers. Nous le répétons pourtant encore, il ne faut pas s'en fier assés aux connoissances qu'elles donnent pour entreprendre de convertir à la fois une grande quantité de fer, avant d'avoir fait les essais en petit, comme le troisiéme Memoire l'a enseigné.



SIXIEME MEMOIRE,

Qui contient des observations sur les changemens sensibles qui se font dans le fer , pendant qu'il est converti en acier ; sur les précautions avec lesquelles il faut forger le nouvel acier , & le résultat des frais de la conversion du fer en acier.

IL est au moins curieux de suivre le fer pendant qu'il se transforme en acier ; de voir à l'occasion de quels changemens , faits dans sa texture , il prend de nouvelles qualités , & change pour ainsi dire de nature ; ce sont des observations qui doivent , ce semble , aider à mieux connoître les caracteres du fer & de l'acier , en quoi ils different l'un de l'autre. Mais, outre ce que ces observations peuvent avoir d'intéressant pour un Physicien , elles fournissent quelques regles qui ne sont pas inutiles pour la conduite des manufactures où l'on convertira le fer en acier.

Avant néanmoins de considérer les differents états par où le fer passe pour devenir acier , considérons celui où se trouve une barre , où la conversion vient d'être opérée. Prenons cette barre telle qu'elle est quand on l'a tirée du fourneau ,

supposons même qu'on l'a laissé refroidir dans ce fourneau. Que cette barre fut auparavant de fer à lames, qu'elle fût de fer à grains, de fer fibreux, en un mot, de fer doux, ou de fer aigre, elle est devenue aussi cassante que si elle étoit d'acier trempé; quoique large & épaisse, quelques coups de marteau suffisent pour la rompre en deux. Ce que cette remarque a de singulier, c'est que l'acier lui-même n'est jamais cassant qu'après qu'il a été trempé, ou ce qui est la même chose, refroidi subitement. On sçait que si on laisse refroidir une barre d'acier au milieu de la forge, quelque degré de chaleur qu'on lui eût donné, on lui trouve une souplesse qui approche de celle du fer; cependant notre barre qui s'est refroidie dans le fourneau ne laisse pas d'être cassante. Nous nous contentons de rapporter ce fait, que nous expliquerons ailleurs, & qui nous aidera lui-même à en expliquer d'autres: mais nous en tirerons une règle, pour connoître si les barres sont entièrement converties en acier. Quand elles auront été tirées du fourneau, un Ouvrier les prendra les unes après les autres par un bout; il donnera de celle qu'il tient un grand coup contre la carne d'une enclume; si la barre se casse en deux, elle est acier; si elle résiste au coup, elle a besoin d'être remise dans le fourneau. Il les éprouvera de même toutes, & cette épreuve ne le tiendra pas long-temps. S'il l'aime mieux, il peut encore poser la barre sur une enclume un peu creuse, ou ce qui revient au même,

mettre sous un des côtés de la barre quelque morceau de fer, entre elle & l'enclume, afin que cette barre porte à faux ; il donnera ensuite un coup ou deux de marteau dessus : la barre qui les soutient sans se casser, n'est pas acier jusqu'au centre. Il n'est pas nécessaire d'avertir que le coup doit être pourtant plus fort, selon que les barres sont plus épaisses.

Si on examine la cassure d'une des barres qui a mal soutenu le coup, on la trouvera fort différente de celle qui auroit parû si on l'eût cassée pendant qu'elle étoit fer ; au lieu des fibres, & des grains qu'elle eût pû avoir alors, elle a pris des lames qui donnent plus de ressemblances à cette cassure, avec celle du fer commun, ou de la premiere espece, qu'avec celle de toute autre sorte de fer ; des yeux peu accoutumés à voir l'acier en cet état, la prendroient moins pour une cassure d'acier, que pour celle d'un fer de mauvaise qualité. Cette cassure a pourtant deux circonstances par où elle diffère sensiblement de celle des mauvais fers ; la premiere, c'est que ses lames quoique de grandeur, & de figure irreguliere, sont posées assés regulierement. Leur plan est presque toujours parallele aux bouts de la barre, on ne trouve point qu'ils aient toutes sortes d'inclinaisons comme ceux des lames des mauvais fers ; on ne voit point entre elles de vuides aussi considerables.

Mais la seconde difference, bien plus marquée que la précédente, c'est que la couleur de la cassure

est plus terne , & plus grise que la couleur de celle du fer commun. Ces lames , qui paroîtroient peut-être vives à qui n'auroit point fait attention à celles du fer commun , ou à qui il n'en resteroit point d'idée , paroîtront sans éclat , si on les compare avec les lames de ce fer ; elles n'ont plus la blancheur des lames du fer , elles sont grisâtres , & ternes en comparaison des autres ; elles semblent mal polies , il faut bien aussi qu'elles le soient moins , que leurs surfaces soient en quelque sorte plus raboteuses , puisqu'elles réfléchissent la lumière plus foiblement vers le même endroit. Il seroit naturel d'attribuer cet effet aux matieres qui ont pénétré le fer pendant l'opération ; il semble qu'elles lardent de toutes parts les lames , dont nous parlons , qu'elles les rendent en quelque sorte herissées.

Ces lames , que montre la cassure , ne sont pas toujours de même grandeur , de même couleur , ni ternes au même point ; mais pour suivre les états par où elles passent , nous n'avons qu'à suivre les progrès qui se font dans le fer pour sa conversion en acier. Arrêtons-nous d'abord à une barre de fer fibreux , qui est le plus éloigné , ou qui semble le plus éloigné de l'acier. Le premier changement sensible qui se fait dans ce fer , car nous ne parlons que de ceux-là , c'est que ses fibres sont coupées ; les plus proches de la surface , le sont les premières , elles sont les plus à portée de l'action des matieres qui entourent ce métal , & ainsi par ordre les fibres sont coupées , sont détruites successive-
ment ;

ment ; celles du centre le sont les dernières. Si on casse ce fer avant que la composition ait eu le temps d'agir puissamment , la cassure est donc sensiblement de deux fissures différentes. Le milieu & les environs sont fibreux , & ce qui les entoure ne fait voir que des lames. D'abord ces lames ne forment qu'une espece de cordon étroit ; ce cordon s'élargit , compose une bande , qui continuant à s'étendre parvient enfin jusqu'au centre.

Mais les lames , venues de la premiere division des fibres , sont blanches , brillantes , telles , en un mot , que celles des fers que nous avons rangés dans la premiere , & la seconde espece ; elles sont seulement disposées avec plus de régularité. Aussi les espaces occupés par ces lames ne sont point du tout acier ; mais ils ont une disposition prochaine à le devenir.

Si on continuë à faire agir le feu & la composition , ces lames perdent insensiblement de leur blancheur & de leur brillant ; enfin devenues ternes & grisâtres à un point , que nous n'avons pas d'expressions pour déterminer , & qui n'est pas précisément le même dans tous les fers , elles sont acier. Pendant que les lames les plus proches de la surface deviennent de plus ternes en plus ternes , & de plus grises en plus grises , les fibres plus intérieures sont coupées pour composer des lames brillantes. Alors on trouve dans la même barre , lames ternes , lames brillantes , & fibres *. Le centre de la barre perd lui même ensuite ses fibres , il +

* Pl. 7. fig.

se trouve occupé par des lames vives & blanches, qui ne seront à leur tour acier que quand elles auront acquis la nuance des autres. Pendant que celles-ci prennent couleur, les autres, qui soutiennent toujours l'action des matières qui environnent la barre, ne restent pas dans le même état; elles diminuent insensiblement de grandeur, elles deviennent de plus petites en plus petites*; & si

* Pl. 7.
fig. 5.

elles souffrent le feu jusqu'à un certain point, elles disparaissent; elles ne sont plus des lames à nos yeux; ils ne voyent que des grains très-déliés, un peu aplatis & d'une couleur plus grisâtre que celle qu'avoient d'abord ces lames, ou que celle qu'ont pris les lames du milieu de la barre.

Tout se passe à peu près de la même manière dans la conversion des fers dont nous avons fait la troisième, & la quatrième espèce; ils n'ont point de fibres, ils n'ont que des grains fins, & de petites lames. Le premier effet de l'opération est de réduire les grains en lames brillantes, & plus grandes, même que celles que ces fers ont naturellement. Quelques-unes de ces dernières semblent se réunir pour en former de nouvelles, arrangées plus régulièrement que celles dont elles sont faites; enfin ces lames perdent par degré leur brillant & leur blancheur. Il semble que le feu a moins d'ouvrage à réunir ensemble des grains, ou des lames déliées, pour en composer de nouvelles lames qu'à couper des fibres, & à les réduire en de pareilles lames; ce qui aide à rendre raison d'une

observation que nous avons rapportée dans le Mémoire précédent ; sçavoir que les fers fibreux, ou de la septième espece demandent une plus longue chaleur pour être convertis en acier, que ceux de la quatrième.

On connoît aisément à la simple inspection de la cassure d'une barre, si elle est entièrement convertie en acier, & cette façon d'en juger est moins équivoque que celle que d'en juger par la facilité qu'on trouve à la casser, dont nous avons parlé ci-dessus ; s'il y restoit très-peu de parties de fer, elles pourroient n'avoir pas la force de soutenir le coup. Mais ces parties de fer, quelque peu qu'il en reste, sont aisées à reconnoître à l'œil sur la cassure. Tout ce qui est fibreux est fer sans nul doute, & tout ce qui a des lames trop blanches ou trop brillantes, l'est de même. Quand il y a de pareilles lames, elles sont ordinairement vers le centre de la barre. Si pourtant il est arrivé par quelque accident que la composition ne se soit pas trouvée en quantité suffisante vers quelqu'un des côtés de la barre, soit parce qu'on n'y en aura pas mis, soit parce que le feu aura trouvé entrée dans le creuset, & l'aura consumée, cette partie qui a manqué de ce qui lui falloit pour devenir acier, n'a que des lames brillantes, pendant que les autres endroits n'en ont que des ternes.

Les connoissances que donnent les cassures vont plus loin, elles apprennent assés sûrement si un acier est de bonne qualité, & si le fer dont il a été

fait est un fer propre à être converti en acier, si cet acier ne fera point gerseux; nous avons dit ailleurs qu'une trop longue durée du feu peut lui donner cette mauvaise qualité. La cassure fait connoître si la durée du feu a été trop longue. Si toutes les lames sont disparuës, si on n'y voit plus que des grains

* Fig. 8. ternes *, l'acier est intraitable. Si au contraire les grains forment seulement un petit cordon au tour de la cassure c'est une marque qu'on a donné à l'acier le degré de cuisson convenable pour le rendre dur, pendant qu'il reste aisé à forger. Mais quand ce cordon s'est élargi jusqu'à former une bande qui a plus de largeur que l'espace où restent les lames, il est très-rare que l'acier ne soit point gerseux; s'il ne l'est point alors, le fer est d'une excellente qualité. En général il faut que l'espace occupé par les lames soit plus grand que celui qui est occupé par les grains.

Tout ce qui est grainé sur la cassure est, pour ainsi dire, devenu trop acier; mais il faut que certaines parties aient passé le point qui leur convient, pour que d'autres soient presque arrivées à celui où elles doivent aller. Depuis la surface jusqu'au centre, la barre se trouve donc graduée en acier de différentes qualités. Le degré de celui du centre est assés différent du degré de celui de la surface. Heureusement que l'à peu près suffit dans la pratique des arts; car il suit de cette remarque, qu'un outil n'est fait nulle part d'acier de même qualité.

Reprenons la suite entière des changements qui

se font dans le fer pendant qu'il se convertist en acier, où tous les états par où ses molécules, ou au moins celles que la cassure nous montre, semblent passer. D'abord ont paru des lames blanches, plus égales, mieux arrangées que celles de même couleur qu'on voit dans les mauvais fers. Ces lames deviennent de plus ternes en plus ternes, & en même temps de plus petites en plus petites; enfin elles deviennent si petites, qu'elles ne sont que des grains à nos yeux. Quand elles sont blanches, elles sont encore pur fer. Devenuës un peu ternes elles sont en acier, mais acier encore mou, semblable à celui dont nous avons parlé dans le second mémoire, qui prenoit un beau grain à la trempe, mais qui faisoit de mauvais ciseaux à couper le fer à froid. Devenuës plus ternes, elles sont de bon acier; deviennent-elles encore plus petites & plus ternes, elles composent un acier plus dur, plus fin, mais plus difficile à travailler. Enfin des lames devenuës presque aussi fines que des grains, sont des marques assés ordinaires d'un acier intraitable.

Tous ces differents ordres de couleur & de grandeur de grains peuvent se trouver dans un morceau d'acier, & s'y trouvent presque nécessairement, s'il est très-épais. Quand le centre change de nature, il y a long-temps que les bords en ont changé; d'où il suit que plus le fer qu'on aura choisi sera mince, & plus il fera facile de le convertir dans un acier égal.

230 Ce que la trop longue durée du feu fait sur les

fers propres à devenir bons aciers, la mauvaise disposition naturelle des parties le fait dans ceux qui n'y sont pas propres : je veux dire qu'il y a des fers, où les lames les plus proches de la surface disparoissent, où elles se changent en grains, avant que les lames intérieures aient perdu leur brillant, & pris la couleur terne qui leur convient *. Tels sont les fers de la première, & de la seconde espèce, leurs molécules boivent trop avidement les soufres & les sels; elles s'en laissent trop aisément pénétrer; ceux qui entrent dans la barre se logent avec tant de facilité dans les premières parties qu'elles rencontrent, que ce n'est que quand ces parties en sont saoulées que les nouvelles matières, qui arrivent, pénètrent plus avant. Le fer un peu éloigné de la surface de la barre ne commence à devenir à acier, que quand ce qui en est plus proche l'est trop. Aussi y a-t'il de ces barres, sur tout de celles des fers de la première espèce, qu'on ne peut venir à bout de forger, quoy que une très-petite partie de leur épaisseur soit convertie en acier.

Les fers à gros grains, comme sont les quarillons de Champagne, & de Nivernois, dont nous avons fait la quatrième espèce, en se convertissant en acier, prennent des lames beaucoup plus petites que les autres fers, & sur tout que les fers qui ont un mélange de grainure fine, & de lames. J'imagine que dans les fers à gros grain, chaque grain se change en une lame, au lieu que dans les autres

plusieurs grains fins se réunissent pour former cette lame.

Il y a des aciers qui, quoyqu'ils conservent encore beaucoup de lames sont difficiles à forger. Mais un peu d'habitude à voir des cassures pourroit faire prévoir ce cas ; alors les lames sont sensiblement plus ternes, & plus grises que celles des autres cassures ; & il en est de la couleur grisâtre & terne, comme de la diminution de la grandeur des lames, elles ne doivent l'un & l'autre aller que jusqu'à un certain point.

Il résulte pourtant de ce que nous venons de dire que des fers de différentes especes, qui se changent en acier, prennent des lames de différente grandeur, qu'ils prennent aussi différentes nuances de couleur. La différente nature des fers doit nécessairement introduire des variétés en tout ceci ; & elles vont jusques-là, qu'une barre d'un certain fer qui a acquis des lames, qui ont encore une certaine vivacité, un certain degré de brillant, est acier, pendant qu'une barre d'une autre espece de fer, sera toujours restée fer dans les endroits où les lames auront autant de brillant que celles de la première.

Mais ce qui est à remarquer pour la connoissance des fers, c'est que moins les lames demandent à perdre de leur brillant, moins elles demandent à prendre de couleur grise & terne, pour être converties en acier, & plus l'acier qui vient de ces fers est traitable, mieux il se forge. La cassure d'acier

fait de fer de Suede, ou de fer de la quatrième espèce, qui a eu une juste cuisson, est bien plus brillante que celle des fers de la première, seconde, & cinquième espèce.

Communément parlant le fer le plus sûr est aussi celui qui, au même degré de cuisson, conserve de plus grandes lames; le fer de Suede a encore cet avantage. Il est singulier que la grandeur des lames soit un des caracteres des plus marqués du mauvais fer, & au contraire un caractere des bons aciers. Mais comme nous l'avons asés remarqué, ces dernières lames sont bien autrement arrangées que les premières, & ne laissent pas d'aussi grands vuides, elles sont plus pressées les unes contre les autres.

Les observations que nous venons de rapporter, sont les plus délicates; celles qui suivent se font remarquer sans qu'on cherche à y donner attention. Souvent les surfaces des barres, qu'on retire du fourneau, ont des inégalités, des espèces de gales* que nous croyons devoir nommer bulles, ou boüillons, puisqu'elles sont produites par une sorte de boüillonnement qui se fait dans le fer. Ces bulles ou boüillons sont des portions de sphere creuse, ou de spheroides éliptique; elles sont distribuées très irrégulièrement sur les barres, & sont de grandeur fort différente. Quelques-unes n'ont pas une demi ligne, ou un quart de ligne de diametre, d'autres en ont plusieurs lignes. Une barre a quelques fois trois ou quatre grosses bulles, &

une

* Pl. 7.
fig. 4, 6, 7.
G, G, G, G.

LE FER FORGE' EN ACIER. 18;
une infinité de petites ; quelquefois on n'y trouve aucunes grosses bulles, elles sont toutes petites ; quelquefois même , on ne trouve aucunes de celles-ci , mais le cas est rare.

Ces bulles prouvent que le fer a soutenu un grand degré de chaleur , pour être converti en acier , qu'il s'est fait dans la barre des rarefactions considérables , puisque des couches de fer assés épaisses ont été soulevées. Ce n'est pas seulement près de la surface que se font ces bouillonnemens , ils se font jusqu'au centre même de la barre ; on y rencontre quelques fois des cavités de plusieurs lignes de longueur , qui tiennent les parties du fer écartées les unes des autres d'une demi ligne, & même d'une ligne ou deux *.

* fig. 7. O.

J'avois soupçonné que les endroits de la surface des barres, où se trouvent les bulles, étoient ceux sur lesquels, il s'étoit rencontré plus de parties salines amoncelées ; mais l'expérience n'a pas verifié cette conjecture. J'ai mis exprès des grumeaux de sel sur des endroits , que j'avois marqué, comptant y faire élever des bulles ; il est arrivé précisément , qu'il n'en a point paru sur ces endroits. Les endroits où elles s'élèvent , sont probablement ceux où le fer est plus ouvert , ou il a donné plus d'entrée aux matieres sulfureuses , qui venant à se raréfier soulevent le fer.

Ces bulles sont ordinairement une marque que l'acier a eu une assés longue chaleur. Quand il a trop long-temps souffert le feu , ou que la composition

a été trop active, elles sont en très-grand nombre; elles marquent pourtant autant la violence du feu que sa durée. J'ai vû des barres toutes couvertes de bulles, avant d'avoir été à moitié converties en acier; ces barres avoient eu d'abord un feu très-vif. De sorte qu'il y a apparence qu'elles ne se forment que quand la barre a été bien ramollie, & par cette raison il doit y en avoir d'autant plus que les barres ont plus souffert le feu. Il s'ensuit encore qu'on convertira le fer en acier sans y faire élever de ces bulles, si on lui donne un feu très-moderé, & par conséquent plus long.

Outre cette rarefaction sensible, qui se fait dans certains endroits de la barre, il s'en fait une insensible dans toutes ses parties, la preuve en est que la barre augmente de volume. Ce qu'elle acquiert en épaisseur & en largeur, n'est pas assés considérable pour être mesuré; mais l'augmentation en longueur est mesurable. J'ai pris exactement la longueur d'une barre de fer avant de la mettre dans le fourneau; après qu'elle y a été changée en acier, & qu'elle a été refroidie, je l'ai mesurée, & j'ai trouvé une augmentation de plus d'une ligne & demie sur une longueur de quinze pouces.

Ce n'est pas seulement le volume de la barre qui croît, pendant qu'elle se convertit en acier; sa pesanteur augmente en même-temps. Cette remarque peut donner des éclaircissements sur les causes de cette conversion. J'ai pesé avec toute la précision possible un morceau de fer de Nivernois, avant de

le mettre dans le fourneau. Il pesoit trois livres moins environ un grain & demi. Quand il a été converti en acier, je l'ai pesé avec les mêmes poids, & dans les mêmes balances, alors il pesoit trois livres 128 grains. Comme je ne le pesai que quatre à cinq jours après qu'il eût été tiré du fourneau, j'eus grand soin de le bien essuyer pour le rendre au moins aussi sec, & aussi net qu'il l'étoit la première fois. Si cependant, pour plus grande sûreté du calcul, on veut bien abandonner près de 22 grains, l'augmentation du poids sera encore de 108 grains, c'est-à-dire de 36 grains, ou d'un demi gros par livre. De sorte que pendant l'opération le poids du fer a augmenté au moins d'une $\frac{1}{16}$ partie de celui qu'il avoit auparavant, & cette augmentation ne laisse pas d'être quelque chose. Aiant repeté l'expérience sur du fer de Suede, j'ai trouvé à peu près une pareille augmentation, soit de volume, soit de poids.

Nous avons dit que les barres converties en acier sont cassantes, quoyqu'on les ait laissé refroidir dans le fourneau; mais nous devons ajouter ici, que quoyqu'elles aient cette propriété de l'acier trempé, qu'elles n'ont pas celle qui l'accompagne ordinairement, la dureté. On les trouve un peu plus dures, à la lime, que les fers ordinaires, bien moins pourtant que l'acier trempé. Mais si on fait chauffer ces barres, & qu'on les trempe, elles prennent toute la dureté que peut avoir l'acier.

Si même lorsqu'elles viennent d'être tirées du fourneau , pendant qu'elles sont encore toutes rouges on les trempe dans l'eau froide , elles en deviennent encore plus cassantes ; elles perdent leurs lames , prennent une grainure proportionnée au degré de chaleur qu'elles avoient quand elles ont été trempées , mais toujours moins égale , moins belle que celles qu'elles pourront prendre après avoir été forgées.

Quand le feu aura été au fourneau , pendant un temps qui approche de celui qu'on juge nécessaire , on retirera quelques barres ; on les essaiera soit en les cassant après les avoir laissé refroidir lentement , soit après les avoir trempé ; si on veut même on les forgera par un bout , on chauffera ce bout , on les trempera & cassera ensuite. Lorsque ces épreuves , faites sur des barres tirées à différentes hauteur de notre fourneau , auront fait voir que la conversion est au point où on la souhaite , on cessera de mettre du bois , ou du charbon. Si on ne veut pas faire une seconde fournée , on laissera tout refroidir avant de tirer l'acier ; il profitera de la chaleur acquise du fourneau ; & alors on ne retirera rien jusqu'à ce que la composition paroisse bien éteinte. Mais si l'acier a eu assés du feu , & qu'on veuille tirer parti de la chaleur du fourneau , on le déchargera sur le champ , en cas qu'il soit construit de façon à pouvoir être déchargé par les côtés. A mesure qu'on retirera les barres , on retirera la composition em-

brasée qui étoit entr'elles. On la fera tomber dans un grand creuset, ou dans quelqu'autre vase où on l'étouffera le plutôt qu'il sera possible; si on la laissoit librement à l'air, elle seroit bien-tôt réduite en cendre, & ne seroit plus guère propre à être employée. Mais si on est attentif à l'étouffer promptement, elle sera encore en état de réserver.

Enfin pour mettre les barres tirées du fourneau, & reconnues pour être acier, dans l'état des aciers ordinaires, il reste à les forger; il faut rapprocher leurs parties qui ont été trop écartées les unes des autres pendant l'opération. Avant de les forger on les chauffe, comme on chauffe presque toujours le fer & l'acier avant de les travailler au marteau. Mais quand cet acier n'est pas fait d'un fer d'une excellente qualité, quand il a eu trop de cuisson, on prendra garde de le chauffer trop, il soutiendrait mal les coups; quantité de parcelles s'en détacheroient, il resteroit gerseux: c'est trop de séparer beaucoup des parties déjà mal unies. Plus le feu agit sur quelques corps que ce soit, plus il lui communique de chaleur, plus il sépare ses parties. Le plus sûr est même de donner la première chaude foible, de ne faire prendre aux barres que le rouge qui commence à pâlir; mais il ne faut pas les pousser au blanc, à la chaude suante.

J'ai vû des aciers, faits de certains fers, auxquels on pourroit hardiment donner une chaude suante.

190 L'ART DE CONVERTIR
te, dès la première fois, le plus sûr pourtant est de ne le pas faire.

Pour chauffer même ces barres plus également, & plus précisément au point où on les veut, j'aime mieux qu'on les mît dans des fourneaux de reverbere, pareils à ceux où l'on chauffe les barres qu'on veut faire passer entre les rouleaux des applatisseries, & les couteaux de fendries ; & qu'on les y chauffât comme ces dernières barres au feu de bois. J'aime mieux, dis-je, cette façon de les chauffer, que celle de les chauffer à la forge avec le charbon. Cette précaution pourtant ne doit pas être mise, à beaucoup près, au rang de celles qui sont indispensables.

Lorsque l'acier vient d'un bon fer, & qu'il a été fait à propos, on ne trouve guère plus de déchet à le forger, qu'à forger le fer commun ; je n'ai trouvé dans l'acier fait de fer de Suede qu'un douzième de diminution de poids à ramener en billes quarrées des barres de deux pouces de largeur sur quatre lignes d'épaisseur.

Quoyque nous aions conseillé dans le second mémoire & même dans celui-ci d'employer des barres minces par préférence, il faut pourtant conserver une certaine proportion entre l'épaisseur & la largeur ; si les barres sont trop minces par rapport à leur largeur, il ne sera pas aisé de changer leur forme sous le marteau, il sera difficile de les forger sur leur épaisseur ; & si on les forge, & qu'on veuille ramener ces barres minces en billes

qui approchent de la forme quarrée, on fera faire des espèces de plis à la surface de la barre * ; quoy- * Pl. 7. fig. qu'on force ensuite ces plis à disparaître, l'acier ^{10.} aura un défaut que je ne lui eusse pas soupçonné, mais que j'ai appris par expérience; quand on vient à tremper les outils faits de cet acier, ils sont sujets à s'entrouvrir. On a plus écarté les fibres de l'acier les uns des autres en les forgeant sur la tranche, qu'on ne les a rapproché en les forgeant sur le plat, il en reste qui tiennent mal ensemble. Ainsi quand, en parlant des fourneaux, j'ai dit que des barres épaisses de trois lignes & large de vingt, devenoient acier dans un certain temps, je n'ai pas eu intention de faire entendre que la proportion de 3 sur 20 fût celle qu'on doive choisir, celle de 3 sur 10 vaut mieux.

Au reste les marteaux des forges appellés martinets sont les plus propres à forger ces barres; ils expedient plus d'ouvrage que les marteaux à bras, & réunissent mieux les parties de l'acier.

Enfin, après que les barres ont été forgées, qu'on leur a eu donné la figure qu'on leur veut, l'usage est de les tremper. Ce n'est pas que cette trempe serve à quelque chose par la suite; car toutes les fois qu'on chauffe l'acier on le détrempe, & pour en faire des outils, il faut le chauffer; mais ceux qui l'achettent sont un peu plus en état de juger de sa qualité, lorsqu'il a été trempé, que s'il ne l'avoit pas été. La façon de le tremper n'est pas de celles qui doivent entrer en ligne de com-

pte pour l'encherir, puisque tout se réduit à le chauffer à peu près couleur de cerise, & lorsqu'il a pris cette couleur à le plonger dans l'eau froide; c'en est assés pour lui donner de la dureté. Si on le casse après qu'il a été trempé, sa cassure a des grains fins, qui le sont pourtant plus ou moins selon la qualité de l'acier & selon le degré de chaleur auquel il a été trempé; mais il n'est pas temps encore d'examiner les différents effets de la trempe.

Voyons à présent à quoy peuvent aller à peu près les frais de la conversion du fer en acier, afin que ceux qui auroient envie d'en entreprendre des établissemens puissent sçavoir en gros, ce qu'ils doivent s'en promettre. Faisons d'abord notre calcul pour Paris, qui est de tous les endroits le moins favorable pour de pareils établissemens, & faisons le pour un fourneau où l'on ne puisse convertir que 600 livres de fer à la fois, ce qui n'est pas encore un des cas avantageux. Quand ce fourneau aura été chauffé une fois, six voyes de charbon suffiront pour transformer le fer en acier, si les plaques sont minces, & que le feu soit bien menagé. La voye de charbon coûte à Paris à présent quatre livres dix sols, ainsi pour les six voyes, c'est vingt-sept livres; c'est la forte dépense. La suye, la cendre, & le charbon pilé sont des matieres à si bon compte, que je ne crois pas, que ce qu'il en faudra revienne à 2 livres. On emploiera 12 à 13 livres pesant de sel Marin, qui à Paris pour-

ront

ront coûter environ 6. livres. Un Ouvrier sera occupé au fourneau deux jours & une nuit, que nous estimons trois jours; donnons encore deux jours de plus, pour le temps nécessaire à charger le fourneau, à le luter, à piler & sâsser les drogues; & payons 20 sols chaque journée de l'Ouvrier occupé à un travail qui ne demande aucune adresse. Ces frais rassemblés se montent à 40 livres; ainsi c'est environ 6 livres 13 sols 4 deniers qu'aura coûté chaque cent de fer pour être converti en acier. Si le charbon ne valoit à présent à Paris que 55 sols la voye, comme il y a deux ans, alors il y auroit à déduire 35 sols des frais de chaque cent, qui ne se monteroient plus qu'à quatre livres 18 sols 4 deniers. Aux environs de Paris, où la dépense du transport du charbon seroit épargnée, ils ne reviendroient pas à présent encore à davantage. Dans le pays où les forges sont établies, ces frais ne sçauroient monter à 4 livres. Et si l'on ne vouloit point assujettir ceux qui feroient ces établissemens utiles à prendre du sel de gabelle, ou qu'on le leur fît donner à peu près au prix coûtant, au lieu de 20 sols qu'il en coute en sel pour cent de fer, il n'en coûteroit pas 5 sols. Mais quand on prendroit le sel aux greniers à sel, il ne faut pas compter en entier celui qu'on employe; si on emploie la vieille composition, il sert plus d'une fois; & si on veut lessiver cette composition, on en retirera encore plus de la moitié du sel qu'on y a mis. Si on craignoit qu'il ne fût

mêlé avec trop de sels alcalis, il n'y auroit qu'à se servir de cendres lessivées pour les compositions, où l'on feroit entrer ce sel. Déduisant donc pour 10 sols de sel par cent, les frais du cent d'acier, ne se montent plus qu'à trois livres dix sols.

Nous n'avons pas fait entrer dans ce calcul les frais de la construction du fourneau, ni ceux des plaques. Ceux de la construction du fourneau, distribués sur plusieurs fournées, iront à très peu de chose. Si les plaques sont faites de bonne terre, elles ne sçauroient aussi augmenter la dépense de 30 sols par fournée; les mêmes serviront alors plus d'une fois: & si elles sont de fer fondu, elles reviendront encore à moins, quoiqu'elles coûtent davantage de premier achapt, & cela à cause de leur longue durée.

Si au lieu de se servir de charbon, on chauffe le fourneau, que nous avons décrit, au feu de bois, l'opération en sera plus longue; mais ce qu'il en coûtera en bois, n'ira pas aussi loin, que ce qu'il en coûte en charbon. Une voye de bois bien ménagée entretient le feu dans ce fourneau pendant trois à quatre jours; il en coutera à la vérité plus en journées de l'homme occupé à le soigner; mais cette augmentation n'ira qu'à peu près à la diminution qui vient de l'autre part.

De sorte que si l'Entrepreneur vendoit l'acier dans l'état où il est lorsqu'il sort du fourneau, cet acier ne lui reviendrait pas à un sol par livre:

plus que le fer , dont il a été fait. Il seroit de l'intérêt des Ouvriers qui mettent l'acier en œuvre de l'acheter en cet état ; ils achettent aujourd'hui en quelque sorte à tâtons ; la grainure plus ou moins belle , qui paroît sur les cassures des billes qu'on leur vend, est un signe très-équivoque , comme nous le dirons dans la suite; ils avoient qu'ils ne sçauroient porter de jugement sur la qualité d'un acier , jusqu'à ce qu'ils l'aient employé ; au lieu que s'ils prenoient les aciers tels qu'ils sortent du fourneau , sûrement ils ne seroient pas fardés. Les cassures de ces aciers ont des caractères , ausquels , comme nous venons de l'expliquer , on peut reconnoître ce qu'on doit attendre de ces aciers ; bientôt les Ouvriers seroient en état de juger du premier coup d'œil par ces cassures des différentes qualités des aciers. Il ne faut pourtant pas espérer qu'ils achetassent à présent l'acier sortant du fourneau , on fera dans la nécessité de le faire forger en barres , ou en billes. On fera même donner à ces barres , ou à ces billes des figures semblables à celles des aciers qui viennent des Pays étrangers ; une autre figure arrêteroit le débit ; on aura peine même à le vendre au commencement , en le donnant pour être du Royaume. Le préjugé où sont les ouvriers de Paris sur cet article leur est très-pardonnable ; ils sçavent qu'on a fait beaucoup de tentatives inutiles pour convertir nos fers en aciers , & qui pis est , ils ont été trompés plusieurs fois en achetant de ces sortes d'acier. Pour

les rassurer, on leur promettra, & on le leur tiendra, de reprendre tout l'acier, dont ils se feront chargés, qui leur aura paru mauvais, & de leur en rendre d'autre poids pour poids. Le préjugé où ils sont montre qu'il n'est pas indifférent de laisser faire des essais sur des matieres qui ont rapport au bien public à toutes sortes de gens; que de pareilles entreprises ne devroient être permises qu'à ceux dont les talens sont reconnus, & qui ont, ou à qui on veut bien fournir, les secours nécessaires pour la réussite. Ces entreprises manquées deviennent des obstacles considérables, pour ceux qui dans la suite seroient en état d'en faire réussir de semblables.

Après que nos barres sont tirées du fourneau, on fera donc à présent dans la nécessité de les faire forger, & cette façon ne laissera pas d'augmenter les frais. Ce n'est pas qu'elle soit chere par elle-même; mais c'est qu'il y a toujours un déchet en tout fer qu'on forge; celui-ci pourra aller à un douzième; par conséquent nos 600 livres d'acier forgées seront réduites à 550 livres. Ces 550 livres doivent porter les frais qui avoient été distribués sur les 600 livres, & de plus ceux du déchet du fer. Le premier article d'augmentation n'est pas considérable, mais le second l'est. Les frais de la conversion sont augmentés par chaque cent d'acier du prix d'environ 9 livres de fer. Car les cinquante livres de fer qui tombent en pure perte doivent être distribuées sur nos 550 livres.

LE FER FORGE' EN ACIER. 197
d'acier. Le fer étant à sa valeur commune, celui qu'on emploie pour l'acier ne contera pas dans les forges mêmes 3 sols la livre, il n'y coute pas davantage à present. Ce sera donc de 27 ou 30 sols que les frais de chaque cent d'acier seront augmentés; quand pour cette considération & divers autres, dont nous n'avons pas parlé, l'augmentation iroit à 50 sols, la façon de la livre d'acier ne reviendrait qu'à dix-huit deniers.

Il y a bien des faux frais que nous n'avons pas fait entrer en ligne de compte, comme le loyer des atteliers où se fera le travail, les gages des Commis préposés à la distribution de l'acier. Ces frais repartis sur l'acier seront d'autant plus petits, que les établissemens seront plus considérables; mais il y a si loin du prix des aciers fins qu'on vend dans le Royaume à celui du fer, qu'il est aisé de voir sans autre calcul qu'on pourra donner le nouvel acier à très-grand marché en y trouvant son compte. Pendant que le fer vaut six blancs, ou trois sols la livre, on vend les aciers fins 18 à 20 sols, & parmi ces aciers chers, nos Ouvriers en trouvent beaucoup de rebut. Si on leur vendoit des aciers aussi fins, parmi lesquels il ne se trouvât pas de mauvais mélange, dix sols la livre, ils seroient contents de cette difference. Et si on vendoit l'acier dix sols, le profit qu'il y auroit à faire pour les Entrepreneurs surpasseroit beaucoup celui qu'on fait dans les especes de commerce ordinaires.

Pour avoir négligé quelques précautions , & quelquefois malgré les précautions , il peut arriver des accidents à quelques fournées. Il peut se trouver des aciers qui ne seront pas assez passés , qui ne seront pas convertis à fond , des aciers où il sera resté du fer. Le remède seroit , comme nous l'avons enseigné , de les remettre au fourneau ; mais il seroit mieux encore d'avoir , près de sa manufacture , d'autres fabriques où l'on feroit des outils , auxquels ces sortes d'acier conviennent. Ils sont très-propres pour faire des limes , des faucilles , des lames d'épées , & divers autres outils qui valent même mieux , lorsque leur centre est de fer , que lorsqu'ils sont purement d'acier.

A l'égard des aciers qui auront le défaut opposé , ceux qui seront trop passés , qui seront devenus trop aciers , nous enseignerons dans la suite un moyen de les ramener au point où ils doivent être.



Explication de la fixième planche.

E L L E représente des morceaux de barres de fer de différentes qualités, qui ont été cassés. Ce qu'on a eu pour objet, ç'a été de mettre sous les yeux les différences de figure, de grosseur, & d'arrangement des parties qui paroissent sur les cassures de différents fers.

La fig. 1. est la cassure du fer que nous avons nommé *à grandes*, ou *grosses lames*.

La fig. 2. est un morceau de la cassure du même fer, mais dessiné grossi à la loupe, afin qu'on vît mieux l'irrégularité de l'arrangement des lames, & sur tout qu'il y en a de placées dans différentes inclinaisons.

La fig. 3. est la cassure d'une barre de cette sorte de fer, dont nous avons fait la seconde espèce; tout est ici occupé par des lames, moins grandes, & moins irrégulièrement arrangées que celles de la fig. précédente.

La fig. 4. est une portion de la fig. 3. grossie à la loupe.

La fig. 5. est encore la cassure d'une barre d'un fer de la seconde espèce, mais dont les lames sont plus petites que celles du fer de la fig. 3.

La fig. 6. est la cassure d'un fer que nous avons placé dans la 3. espèce. Des lames y sont mêlées avec des grains.

La fig. 7. représente séparément les lames de la figure 6.

La fig. 8. représente séparément les grains de la figure 6.

La fig. 9. est une cassure du fer de la quatrième espece, les lames y sont en moindre quantité que les grains.

La fig. 10. est la cassure d'un fer grainé, ou d'un fer de la cinquième espece. Ce qui paroît uni, au tour de cette cassure, n'est point de la cassure, c'est ce qui a été coupé avec le ciseau, afin que le fer se cassât plus aisément.

La fig. 11. est la grainure de ce fer vue grossie à la loupe. Cette grainure ainsi grossie représente presque celle du fer que nous avons rangé dans la 6. classe.

La fig. 12. est la cassure d'un morceau de quarillon, on a laissé ce fer dans la cinquième classe ; sa grainure est cependant plus fine que celle de la fig. 10. & a des lames fines.

Fig. 13. Grainure de la fig. 12.

Fig. 14. Lames de la fig. 12.

La Fig. 15. est la Cassure d'une barre de fer de la 7. classe, composée de fibres, qui forment des especes de feuilles.

Explication de la septième planche.

LES fig. 1, 2, 3, sont encore des cassures de fer.

La fig. 1. est la cassure d'un fer fibreux, qui differe de celui de la fig. 15. pl. 6. en ce que ses fibres sont plus grosses, & que plusieurs fibres réunies, n'y forment pas des feuilles si distinctes.

La fig. 2. est la cassure d'un fer où l'on voit des fibres, & des grains.

La

fig. 1.

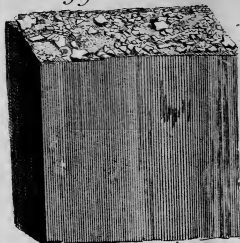


fig. 2.



fig. 3.

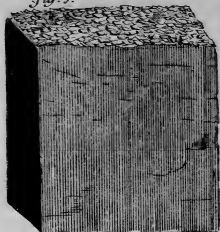


fig. 4.



fig. 7.



fig. 8.



fig. 5.

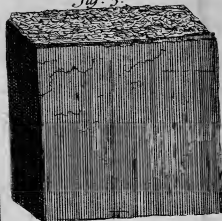


fig. 6.



fig. 9.

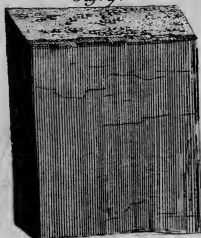


fig. 13.



fig. 14.



fig. 11.



fig. 10.

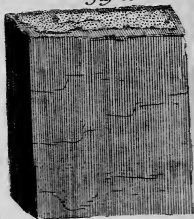
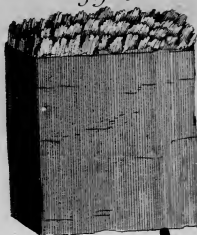


fig. 12.



fig. 15.



La fig. 3. est la cassure d'un fer où il y a un mélange de grosses & de petites lames, de grains & de fibres.

La fig. 4. est la cassure d'une barre de fer fibreux convertie en acier, seulement en partie. Le premier contour, qui a des lames ternes, & marqué en deux endroits par les lignes ponctuées A A, est ce qui est acier. Les lignes ponctuées B B marquent une surface de lames blanches & brillantes; les fibres du fer ont été coupées en cet endroit, qui est prêt de devenir acier, mais qui ne l'est pas encore. Le milieu de la barre a conservé toutes ses fibres.

La fig. 5. est la cassure d'une barre de fer de bonne qualité qui a été convertie en acier. On y voit par tout des lames, mais plus petites, & plus ternes près des bords; que vers le centre.

La fig. 6. est la cassure d'une barre, dont la partie a a, b b, est bien convertie en acier, quoique la partie a a, c c, soit restée fer; & cela parce que la composition qui couvroit cette dernière partie aiant eu jour, s'est brûlée dans le fourneau. G, grosse bulle, g, petite bulle.

La fig. 7. est la cassure d'une barre de fer convertie en acier, mais qui a eu un feu trop long. Ses lames sont trop ternes, & un peu trop petites en quelques endroits, elle n'a que des grains fins comme des points. G, grosse bulle, ou boursoffure de la surface. g petites boursoffures. La ligne ponctuée O marque une boursoffure, un boüillon qui s'est fait dans l'intérieur de la barre.

La fig. 8. montre la cassure d'une sorte de fer qui prend toujours de très-petites lames en se convertissant en acier.

La fig. 9. est la cassure d'une barre de fer de la secon-

Cc

de espece, dont tout le milieu a encore ses lames brillantes, & n'est nullement changé en acier. Ce qui entoure cette partie est converti en acier, mais au lieu des lames, qu'ont les bons aciers, celui-ci n'a que des grains aussi fins que des points.

La fig. 10. est celle d'une barre large qui aiant été forgée sur son épaisseur a pris différents plis p. quoy qu'on efface ensuite ces plis en frapant dessus, l'acier est sujet à s'ouvrir à la trempe, dans les endroits où ils ont été.



fig. 1.

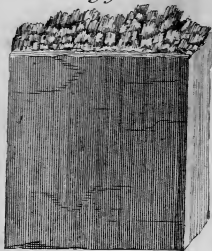


fig. 2.

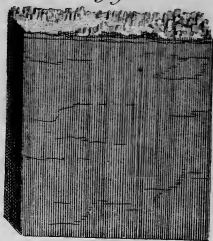


fig. 3.



fig. 4.

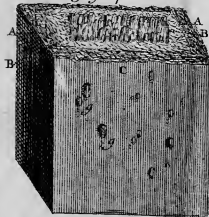


fig. 5.

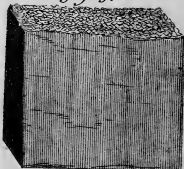
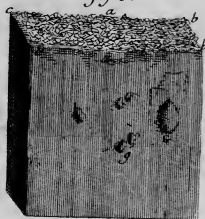


fig. 6.



o. fig. 7.



fig. 8.



fig. 9.

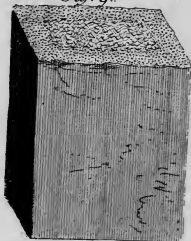


fig. 10.



SEPTIEME MEMOIRE,

Où l'on établit le caractère de l'acier, en quoy il differe essentiellement du fer, & cela en suivant les opérations qui changent le fer forgé en acier.

IL ne me paroît pas qu'on nous ait donné jusqu'à présent d'idée nette de ce qui caractérise véritablement l'acier, de ce en quoy il differe essentiellement du fer. Dans le langage commun des Auteurs qui traitent des matieres metalliques, il est un fer plus pur, un fer plus parfait, un fer plus affiné; Rohault, par exemple, avec cent autres, nous en donne cette dernière idée, qui non seulement n'est pas exacte, mais qui exactement parlant est fausse, si nous jugeons de la finesse, de la pureté du fer, comme de celle de tous les autres métaux. Le metal le plus fin est celui qui est le moins mêlé avec des matieres étrangères. Affiner l'or, c'est lui ôter de l'argent, ou du cuivre avec lesquels il étoit mêlé; affiner l'argent, c'est de même lui enlever le cuivre, ou les autres matieres étrangères qui sembloient faire corps avec lui. Selon cette notion commune, & selon ce que nous avons vu dans les memoires qui ex-

pliquent la maniere de convertir le fer en acier, il est évident que l'acier ne doit point être appelé un fer plus affiné, puisqu'il ne paroît pas qu'on enleve aucune matiere terreuse, metallique, ou de quelqu'autre nature au fer qu'on convertit en acier; on lui ajoute plutôt qu'on ne lui ôte, & ce qu'on lui ajoute n'est pas fer.

C'est s'exprimer d'une façon encore plus équivoque que de nommer l'acier un fer plus parfait. Un metal n'est plus parfait en soi, qu'autant qu'il contient plus de sa matiere propre; dans ce sens être plus parfait, ou plus affiné, sont la même chose. Mais si on mesure les degrés de perfection d'un metal par rapport à nos usages, que l'état dans lequel il nous est plus utile, soit appelé l'état le plus parfait, on ne trouvera pas encore que l'acier l'emporte sur le fer. Le fer doux nous est aussi nécessaire pour certains ouvrages, que l'acier l'est pour d'autres; si on ne tiroit jamais des mines, que de l'acier, on auroit eu besoin de chercher le secret de changer l'acier en fer, comme on a cherché celui de changer le fer en acier; autant que ce dernier nous est nécessaire pour les couteaux, ciseaux, rasoirs, haches, pour tous les outils à taillants; autant l'autre nous l'est-il pour les effieux des voitures, pour les bandes des roues, pour les leviers, pour les bâtimens, pour les canons de fusils, en un mot, pour tous les ouvrages qui ne doivent pas être cassants. Par rapport même à certains ouvrages, le fer aigre pourroit être

regardé comme plus parfait que le fer doux, par rapport à tous ceux à qui il importe peu d'avoir de la souplesse, & qu'on veut très-polis.

Nous avons deux manieres de mieux caractériser l'acier, sçavoir ou par ses effets, ou par la nature même de sa composition. Nous le distinguerons d'abord du fer par ses propriétés sensibles, par celles que les expériences les plus communes découvrent. Nous verrons ensuite en quoy consiste sa nature intime, d'où il tire les propriétés qui lui sont particulieres ; des réflexions sur les opérations qui l'ont rendu acier, doivent naturellement nous conduire à ces connoissances.

Ce qui distingue le plus sensiblement l'acier du fer, c'est de ce qu'après avoir été chauffé jusqu'à un certain point & étant ensuite trempé dans l'eau, ou dans quelque autre liqueur froide, ou qu'en general étant refroidi subitement, il prend une dureté considérable, & qu'il devient en même-temps cassant ; que si on le casse dans un des endroits, où il a été trempé, les surfaces de la cassure paroissent remplies d'une infinité de grains, qui à la vûe simple semblent approcher de la figure ronde. Tout cela n'arrive point au fer qui a été chauffé & trempé dans les mêmes circonstances que l'acier.

Si on laisse refroidir l'acier dans le même foyer ou il a été rougi, si on ne le trempe point, on ne peut plus le distinguer du fer par les signes précédents ; il est presque aussi mou qu'un fer doux.

il ne résiste guère davantage à la lime ; il y résiste pourtant toujours un peu plus , & c'est la raison Pour laquelle les Ouvriers qui font d'acier certains ouvrages qui pourroient être faits de fer , des boucles , par exemple , les vendent plus cher , que la difference du prix des matieres ne le demanderoit , parce que le travail en est un peu plus long. L'acier alors n'est guère plus cassant que le fer , sa cassure n'a plus des grains pareils à ceux qu'elle eût eu , s'il eût été trempé , elle differe pourtant toujours de la cassure des fers communs. Jamais on n'y voit de lames brillantes , & jamais elle n'est couverte de grosses fibres , comme celle du fer doux ; quand elle a des fibres elles sont fines , mais pour l'ordinaire elle a quelque ressemblance avec celles des fers à grains ; si elle en differe , c'est principalement en ce que ses grains sont plus ternes.

Une difference moins sensible que les précédentes , mais connue des Ouvriers qui travaillent le fer & l'acier , c'est que l'acier s'échauffe plus aisément ; à feu égal , il prend plus vite la couleur qui dénote un certain degré de chaleur que ne feroit du fer de pareille grosseur.

Ces differences du fer à l'acier sont aisées à apercevoir , il nous faut chercher celles sur lesquelles la vûe n'a point de prise , c'est-à-dire , ce que la composition intime de l'acier a de particulier. Nous n'avons point de voye plus sûre pour arriver à le découvrir , que d'observer les chan-

gements qui se font faits dans le fer qui a été rendu acier, comment les matieres employées à cette conversion ont operé ; suivons donc les procédés que nous avons rapporté en faisant quelques réflexions sur leurs circonstances.

On renferme des barres de fer dans un creuset ; chaque barre y est entourée par une composition qui contient beaucoup de matieres sulfureuses, ou inflammables, & de matieres salines. On chauffe ce fer jusqu'à devenir rouge, ou rouge blanc. Le feu dilate le fer, à mesure qu'il le pénètre ; il écarte ses parties les unes des autres ; mais à mesure que les parties du feu entrent, elles font entrer avec elles des parties sulfureuses. Le feu n'est lui-même que des parties sulfureuses, mais toutes les parties de cette nature que le feu porte avec lui, ne sont pas enflammées au point nécessaire pour les consumer ; le feu de nos cheminées ordinaires en donne la preuve. La suye qui y est déposée, a été mêlée avec la flamme, elle en a fait partie, & est cependant restée une matiere très combustible.

Les parties sulfureuses n'entrent pas seules dans le fer, elles sont accompagnées de parties salines. Le degré de chaleur qui est assez violent pour forcer ces sels à se sublimer jusqu'au dehors du fourneau, comme nous l'avons rapporté ailleurs, a sans doute assez de force pour les faire pénétrer dans le fer, qu'ils entourent. De plus les matieres sulfureuses sont des vehicules qui aident ex-

trement les sels, on sçait combien elles peuvent augmenter leur volatilité. Mais ici le secours est apparemment réciproque, les sels facilitent l'introduction des soufres, comme les soufres facilitent la leur; ils sont connus pour de puissants dissolvans du fer. Le fluide enflammé dans lequel ils nagent se trouve par leur moyen en état d'agir plus efficacement contre le fer, de s'y ouvrir plus aisément des routes; aussi rendons-nous des compositions plus actives en ajoutant des sels à des matieres qui en contiennent déjà. Mais les sels seuls agiroient foiblement, s'ils n'étoient portés ou poussés par les parties sulfureuses, ou plutôt ils n'agiroient point du tout. Nous l'avons vû par les expériences que nous avons faites avec des sels seuls, & que nous avons rapportées dans le premier Memoire; le mélange des huiles & des sels y a été prouvé absolument nécessaire.

Il est donc visible que des soufres, & des sels s'introduisent dans le fer qui est en place pour être converti en acier; que la conversion du fer n'est avancée qu'à proportion du chemin qu'ont fait les parties sulfureuses & salines, & que quand il est devenu entièrement acier qu'elles l'ont pénétré jusqu'au centre. Plus on continue à chauffer cet acier, plus on lui donne les qualités d'acier. La conséquence à laquelle on est conduit nécessairement, & que nous avons déjà tirée par avance, ou au moins insinuée dans quelques-uns des Memoires précédents, est donc que l'acier considéré

fideré dans le temps où on le retire du fourneau, est un fer plus pénétré de soufres & de sels que le fer ordinaire; car on n'imaginera pas qu'il y a une circulation continuelle, qu'il soit continuellement autant de parties sulfureuses & salines du fer, qui est en opération, qu'il y en entre; & pour peu que cette idée, qui n'est appuyée sur aucunes preuves, donnât de scrupule, il seroit levé, si on se rappelle une des observations du Memoire précédent; sçavoir que le fer qui a été converti en acier a augmenté de poids. Cette augmentation, quoyque peu considérable, ne sçauroit être attribuée qu'aux nouvelles matieres qui s'y sont introduites, & qui ne peuvent être que des portions de celles, dont il étoit environné.

L'acier nouvellement fait, l'acier qui vient d'être tiré du fourneau, qui n'a pas encore souffert le marteau depuis qu'il est acier, differe donc du fer parce qu'il est pénétré de plus de parties sulfureuses & salines; pour remettre cet acier dans l'état de celui qu'on façonne pour nos usages, il ne reste qu'à lui donner une chaude & à le forger. Le marteau rapproche ses parties, qui pendant la transformation avoient été trop écartées, & le rend tel que si on le casse ensuite, soit après l'avoir laissé refroidir doucement, soit après l'avoir trempé, la cassure est différente de celle qu'a voit le même acier, avant d'avoir été forgé.

Le seul doute qui pourroit rester sur la nature de l'acier seroit donc de sçavoir si celui qui

vient d'être forgé differe du fer par la quantité des matieres sulfureuses & salines, dont il est pénétré, comme il en differoit lorsqu'il a été tiré du fourneau. Si pendant qu'on l'a chauffé immédiatement sur les charbons, on n'en a pas chassé les matieres qui s'y étoient introduites; enfin si les coups de marteau n'achevent pas d'exprimer ces mêmes matieres, lorsqu'ils resserrent les parties de notre metal. Au moins paroîtra-t-il probable, que plus on chauffera l'acier long-temps, sur les charbons, plus on le chauffera de fois, plus on le chauffera violemment, & plus on le dépouillera de ses soufres, & de ses sels, & plus en même temps on lui ôtera de sa qualité d'acier, plus on le rapprochera de l'état du fer. Ces dernières conséquences ne sont pas seulement probables, elles sont certaines par l'expérience, & sont elles mêmes des preuves que l'acier ne differe du fer, que parce qu'il est chargé de matieres que le feu lui peut enlever. Les meilleurs aciers s'affoiblissent, si on les remet au feu plusieurs fois. Enfin il n'est point d'acier qu'on ne détruise, qu'on ne ramene à être fer, si on lui fait soutenir un trop violent degré de chaleur, ou une chaleur moins forte, mais trop longue. Tous les Ouvriers le sçavent, ils appellent un acier surchauffé, celui qui, pour avoir trop souffert le feu de la forge, a presque perdu les propriétés de l'acier, ou dans lequel elles sont très-affoiblies; & ils appellent un acier *pâmé*, celui qui, pour avoir

été chauffé encore davantage , n'est plus en état de prendre de dureté à la trempe. Cet acier , exactement parlant , est redevenu fer. Les Ouvriers négligents , ou distraits ramènent assés souvent , & sans le vouloir l'acier à l'un & à l'autre de ces états ; il m'est arrivé plus d'une fois en causant avec eux de leurs faire oublier de tirer à temps du feu l'acier destiné à quelque outil , cet acier sur lequel le feu avoit trop agi , devenoit inutile pour l'usage auquel on l'avoit destiné.

Mais ce seroit trop étendre ces conséquences , que de croire qu'une chaude ou deux peuvent enlever à l'acier les soufres & les sels qu'il a de plus que le fer. Si ces soufres l'ont bien pénétré , ils peuvent soutenir une longue action du feu sans se consumer , la nature de celui qu'on a employé est telle. Quand on retire les barres des creusets où elles ont été renfermées pour être converties en acier , après deux , trois & quelquefois après plus de 8 à 10 jours de feu , on trouve les matières , qui séparent les barres de fer , encore très-enflammées , capables de flamber encore ; quoy qu'elles aient brûlé pendant si long tems. Il est vrai qu'elles ont été renfermées dans les creusets assés exactement bouchés , que peu de parties pouvoient s'en dissiper. Mais quand la même matière inflammable a pénétré jusqu'au centre des petites parties du fer , n'y est-elle pas aussi close que dans les creusets , lui est-il plus aisé de s'évaporer : le fer , qui boit les soufres avec avidité , ne les retien-

tiendra-t-il pas bien autrement que le charbon où la suye les retiennent ?

Il paroît donc bien établi que l'acier a plus de soufres que le fer ; il faut une opération de plus pour le dépouiller de ses soufres , que pour dépouiller le fer des siens. Je veux dire que si on chauffe trop le fer , qu'on le brûle , qu'on le réduit en écailles , ou en machefer. Si on chauffe trop l'acier , on le réduit à être fer , & ce fer qui a été acier , comme le fer qui n'a jamais été que fer , pour être réduit en écailles , ou en machefer doit être trop chauffé ou brûlé.

On dira des sels tout ce que nous venons de dire des soufres , que non seulement l'acier en est plus pénétré que le fer , quand sa conversion vient d'être opérée ; mais qu'il demeure pénétré de ces mêmes sels , tant qu'il subsiste acier. De-là vient que les sels les plus fixes sont nécessaires pour changer le fer en acier plus dur , & plus durable. Nous avons rapporté dans le premier Memoire , qu'avec certains sels nous avons changé le fer en un acier , qui après avoir été forgé une seule fois avoit de la dureté , & un très-beau grain , mais qui étant chauffé & forgé une seconde fois étoit méconnoissable , & qu'après la troisième chaude , on ne le trouvoit plus , ou presque plus , acier. Le défaut ne dépendoit point des matieres sulfureuses , j'y avois employé les mêmes , & en mêmes doses , que dans d'autres experiences , où le fer avoit été transformé dans l'acier de la qualité la plus du-

rable ; c'étoient donc des fels que naiffient ces différences. Ces aciers fi peu fixes , car on peut bien leur donner le nom , étoient l'ouvrage de fels trop volatils , ou devenus tels par quelque circonfiance.

On rencontre des aciers qui pendant qu'on les forge & chauffe , répandent une odeur de foufre femblable à celle du foufre commun. Les acides vitrioliques , & la partie huileufe du fer s'y font réunies en proportions néceffaires pour compofer ce foufre. J'ai fait de ces fortes d'aciers , en entourant le fer de beaucoup de vitriol , & de charbon en poudre mêlés enfemble ; ils font & difficiles à travailler , & peu durables. La compofition a été abreuvée d'eau forte , dans une de nos expériences du premier Memoire , elle a changé le fer en un acier qui n'a pu foutenir deux chaudes :

Auffi le fel marin , qui eft un des fels des plus fixes , celui qui s'unit le mieux au fer , celui qui y tient davantage , eft de tous les fels celui que les expériences nous ont montré être le plus propre à contribuer à changer le fer en excellent acier. Mais fi on me demandoit fi le fel dont le fer a été empreint a confervé fa nature de fel marin ; fi même , avant de s'introduire dans le fer , il n'a point changé de nature ; fi l'acide du fel marin , détaché par la violence du feu , joint aux parties huileufes fournies par les matieres dont il eft environné , n'a pas formé un fel ammoniac ,

de voir que l'acier differe du fer en ce qu'il est pénétré de plus de souffres , & de sels , & qu'entre les aciers, les plus durables sont ceux qui sont l'ouvrage des sels les plus fixes.

Nous avons vû que la figure & l'arrangement des parties du fer ont été changés à mesure que nos matieres sulfureuses & salines l'ont pénétré; qu'il eût des fibres , qu'il eût des grains , tout a été disposé de façon que la cassure montre des lames , plus ternes que celle des mauvais fers , & arrangées avec plus de regularité. Le poids du fer a augmenté , & son volume a aussi augmenté en même-temps ; d'où il suit que ses parties ont été plus écartées les unes des autres ; les matieres qui s'y sont introduites les ont séparées, les ont divisées; & plus l'opération continuë , plus le fer est tenu environné des matieres propres à le convertir en acier , & plus les parties du metal sont divisées. La preuve s'en tire d'une des observations du Memoire précédent ; sçavoir que du fer qui a été converti en acier , & dont la cassure a des lames d'une certaine grandeur , fera voir sur sa cassure des lames plus petites , si on continue de lui donner le feu plus long-temps , & enfin les lames deviendront si petites , elles auront été divisées en tant de parties , qu'elles ne paroîtront plus que des grains. Les lames qui sont proches de la surface sont toujours plus petites que celles qui sont vers le centre, les premieres ont été attaquées pendant plus long-temps , & par une plus grande quantité de par-

ties sulfureuses, & salines, elles ont été plus divisées. Nous en pouvons donc conclure qu'il reste moins de grumeaux dans l'acier que dans le fer, il a été, pour ainsi dire, mieux *charpi* ; il conserve cette sorte d'arrangement de parties tant qu'il demeure acier : on a beau le frapper, les parties métalliques restent toujours séparées par les matières étrangères. De la laine bien cardée aura beau être comprimée, elle ne formera pas les grumeaux qu'elle formoit avant qu'on la cardât.

L'acier même qui pour avoir été trop chauffé est redevenu fer, conserve des vestiges de cette disposition qui a été dans ses parties. Si il a été de nature à devenir un fer fibreux, les fibres qu'on lui trouve sont incomparablement plus fines, que celles du fer ordinaire de pareille qualité ; des parties qui ont été plus divisées se réunissent pour former des fibres plus déliées.

La raison pour laquelle l'acier prend un plus grand degré de chaleur que le fer, pendant la durée du même feu, se présente, pour ainsi dire, d'elle-même. Un métal qui peut donner un plus grand nombre de passages à la matière du feu, qu'un autre métal, & qui est en même-temps chargé de plus de matière inflammable, doit être plutôt échauffé dans toutes les parties.

Quand nous avons examiné les différentes sortes de fers par rapport aux dispositions qu'ils ont à devenir aciers, nous avons trouvé que les uns ne pouvoient jamais être changés qu'en de mauvais aciers,

LE FER FORGE' EN ACIER. 217

aciers , que d'autres en pouvoient donner d'excellents, qu'il y en a dont la transformation est faite en moins de temps que celle des autres. Alors nous avons fait entrevoir les raisons de ces differents effets des matieres sur differents fers , mais nous pouvons à present nous faire des idées plus nettes des causes de ces differences. Le résultat du Memoire dont nous parlons a été, que ce soit que les fers fussent du genre des fers à lames , soit de celui des fers fibreux , ou de celui des fers à grains , que les fers de chacun de ces genres sont d'autant plus propres à devenir d'excellents aciers , que les molecules dont ils sont composés sont plus petites. Les fers qui ont les plus petites lames sont préférables à tous les autres fers à lames. Leurs molecules déjà très divisées , peuvent être divisées au point qu'on demande l'acier sans l'introduction d'une si grande quantité de matiere étrangere ; il en est de même du fer de chaque autre classe.

Les fers qui ont une grainure inégale doivent faire des aciers inégaux , des aciers difficiles à travailler. Les matieres sulfureuses & salines auront pénétré de reste les petites molecules , quand les grosses , qui sont à même distance de la surface que celles-ci , n'auront pas été suffisamment penetrées. Si les molecules sont extrêmement grosses , comme celles du fer à grandes lames , que ces molecules soient , comme elles le sont toujours , séparées par de grands vuides , elles ne tiendront plus assés ensemble , quand la masse du metal au-

ra pris le degré de rarefaction qu'elle prend pour devenir acier. Il est aisé de même de voir pourquoy certains fers sont changés en acier, en moins de temps que d'autres : ce que nous avons reconnu de la nature de l'acier en general, s'appliquera aisément à chaque cas particulier.

Souvenons-nous donc que l'acier loin d'être un fer plus affiné, un fer plus pur, comme on l'a voulu jusqu'à présent, n'est qu'un fer plus pénétré de parties sulfureuses & salines, & dont les molécules sont plus petites, mieux charpiées que celles du fer ordinaire. Tout cela a été établi par la composition même de l'acier, par ce qui se passe dans le fer pendant sa transformation. Une sorte de composition de l'acier l'a encore prouvé, lorsque nous avons fait remarquer que la grande violence du feu ramène l'acier à être fer, mais le Memoire suivant donnera à cette dernière preuve, toute l'évidence que des preuves physiques peuvent avoir ; nous y verrons au moins aussi clairement la manière de décomposer l'acier, que nous avons vû celle de le composer.





HUITIEME MEMOIRE.

Où par la décomposition de l'acier, on acheve d'établir que sa difference essentielle d'avec le fer consiste en ce qu'il est plus penetré de parties salines & sulfureuses. Et où l'on donne en même-temps le moyen de raccommoder la plupart des aciers defectueux.

L'Objet de tous nos Memoires precedents a été d'apprendre à changer le fer en acier, de faire voir ce qui se passe dans le fer, pour opérer cette transformation; dans celui-ci nous allons travailler à deffaire notre ouvrage, à ramener l'acier à être fer. Si on croioit ne pas connoître encore asés sa nature, qu'elle n'eût pas paru suffisamment éclaircie par sa composition, sa décomposition va, je crois, la mettre dans toute l'évidence qu'on peut raisonnablement demander. Il est heureux en Physique quand ces deux voyes opposées concourent à manifester les principes des corps; mais ce qui n'est pas moins heureux icy, c'est que la façon de décomposer l'acier, dont nous voulons parler, fait en même-temps la matiere d'une des parties des plus utiles de notre

art ; & c'est d'abord par rapport à l'utilité dont elle doit être dans la pratique que nous l'allons considérer.

Nous avons parlé tant de fois d'aciers difficiles à travailler , d'aciers qui après avoir été forgés restent gerseux , qu'on a compris de reste , que c'étoit-là de tous les défauts le plus à craindre , & celui qu'on est le plus souvent exposé à rencontrer ; il y a des fers qui , quelque chose qu'on fasse , ne donnent jamais que de ces mauvais aciers , aussi les avons-nous exclus. Mais nous avons vû que les aciers venus des meilleurs fers auront cette mauvaise qualité , si les matieres qui ont agi sur ce fer n'ont pas été employées en quantité , & en dose convenables , qu'une trop longue durée de feu peut produire le même mal. Nous avons à la verité tâché de donner des regles ; mais comment s'assurer que les Ouvriers seront toujours assés attentifs à les suivre ? si cependant ils y manquent , on est exposé à des pertes qui peuvent renverser des établissemens qui eussent été avantageux. Dans les nouveaux établissemens tout est à craindre , sur tout parmi nous , dont le caractere n'est pas d'avoir la patience de surmonter les difficultés.

L'acier , en general , est presque toujours moins aisé à travailler que le fer , or dès que l'acier differe du fer , parce qu'il est plus penetré de parties sulfureuses & salines , il est naturel de penser que plus l'acier se trouvera chargé de ces parties , & plus il sera difficile à mettre en œuvre. Cet acier diffi-

LE FER FORGE' EN ACIER. 227

cile à travailler, comme nous l'avons repeté tant de fois, est celui qui a soutenu l'action de trop de matieres sulfureuses & salines, ou une action trop longue de ces matieres, c'est-à-dire, que c'est celui dans lequel ces matieres se sont introduites en trop grande quantité. Il devient, pour ainsi dire, trop acier, il n'a plus assés de molecules de substance metallique, de substance ferrugineuse par rapport aux molecules des matieres étrangères; les parties metalliques se trouvent trop séparées les unes des autres. Si on chauffe un tel acier, ce qu'il faut toujours faire pour lui donner la forme d'outil, le feu écarte encore les unes des autres des parties déjà trop écartées, elles ne tiennent plus assés ensemble pour soutenir le marteau, & rester liées; l'acier se creve, se fend sous les coups, ou au moins reste plein de fentes & de gersures dans les endroits où les parties étoient le moins adherantes.

La cause du mal connuë met au moins en chemin d'y chercher le vrai remède; il étoit bien naturel de tâcher d'en trouver un qui empêchât d'être inutiles des aciers qui ne sont devenus tels que par le défaut de prudence, ou d'attention des Ouvriers: pour rendre ces aciers plus traitables, moins rebelles, selon le raisonnement précédent, tout se réduisoit à les dépouïller de ce qu'ils s'étoient chargés de trop de souffres & de sels.

L'expedient qui me vint le premier en idée, & qui sembloit y devoir venir le premier, fut de mettre des aciers difficiles à travailler au milieu de

charbons bien allumés, & de leur faire souffrir ce feu aussi long-temps que l'expérience le montreroit nécessaire, que de la sorte on parviendroit à brûler les soufres & à faire évaporer les sels superflus. C'est beaucoup que le raisonnement mette dans la bonne voye, on n'en doit pas attendre, en matiere de Physique, qu'il fasse tout prévoir. Inutilement, exposai-je mes aciers à un feu long, soit doux, soit violent; ils s'y brûlerent en partie, il y eut un déchet considerable par les écailles qui s'en detacherent, & leurs défauts ne furent point ou peu corrigés. Je ne doutai nullement que si, après avoir soutenu ce feu, ils étoient resté intraitables, que ce ne fut parce que l'huile & les acides du charbon avoient rendu à leurs parties interieures autant de ces matieres que la chaleur leur en avoit enlevé. C'est cette derniere réflexion qui m'a presque conduit en vrai denoüement, qui est tout ce qu'on peut désirer de plus simple. Il ne suppose aucun appareil de procedés, aucune complication d'opérations, il n'a rien de ce qui peut donner un air de merveilleux, mais il n'en sera que plus utile pour la pratique. Il falloit enlever à l'acier ses soufres & ses sels superflus, le feu étoit le seul agent, à qui on pût avoir recours; mais il falloit empêcher que les matieres enflammées ne rendissent autant de soufres & de sels à l'acier que le feu lui en enleveroit, c'est ce qu'on devoit esperer d'empêcher dès qu'on feroit extremement chauffer l'acier, sans l'exposer à l'action imme-

diante de la flamme. Suivant cette idée, je renfermai des aciers les plus intraitables dans des creusets, ou dans des caisses de terre; je lutai les creusets & les caisses de toutes parts, de façon que la flamme n'y pouvoit avoir aucune entrée: quand ces aciers y eurent soutenu une certaine durée de feu, que nous déterminerons aisés précisément dans la suite, ils se laisserent travailler aussi aisément que l'on le pouvoit souhaiter; après avoir été forgés, on ne voioit plus sur leurs surfaces ni fentes, ni gerfures.

J'ai reperé plusieurs fois cette expérience avec le même succès; il est cependant arrivé dans quelques circonstances que l'acier s'est écaillé, & cela lorsque la flamme a pu s'insinuer dans les creusets, ou lorsque le feu a été trop violent. J'ai donc crû devoir chercher à rendre l'opération non seulement plus sûre, mais encore plus prompte. Les expériences qui ne réussissent pas, par rapport à ce qu'on cherche, ont souvent d'autres usages, quand on veut bien être attentif à leur succès. Lorsque j'ai tâté les différentes matières, par rapport à la conversion du fer en acier, j'en ai éprouvé quelques-unes, que j'ai reconnu entièrement incapables d'y contribuer, mais j'ai observé, & j'ai eu soin d'en avertir dans le premier Memoire, que quelques-unes de ces mêmes matières étoient propres à adoucir le fer, & qu'elles auroient dans la suite leur utilité; aussi allons-nous commencer à apprendre à en faire usage. Aiant donc observé que diverses

matieres terreuses & très-alkalines augmentoient la souplesse du fer, il étoit naturel de penser qu'elles rendroient les aciers plus traitables. Les raisonnemens rapportés ci-dessus devoient fortifier cette idée, des matieres qui boivent avidement les soufres & les sels devoient être propres à dépouiller l'acier de ce qu'il en a de trop.

J'ai donc essayé l'effet que produiroient sur l'acier diverses sortes de matieres terreuses; j'ai arrangé dans des creusets quarrés des lits de barres d'acier intraitable, je les ai séparés les uns des autres par des lits de ces matieres. Dans quelques creusets c'étoit de la marne en poudre, dans d'autres de la glaise, dans d'autres de cette craye, que nous nommons communément Blanc d'Espagne, dans d'autres de la chaux vive, dans d'autres de la chaux éteinte, dans d'autres du plâtre, dans d'autres du verre pilé, & dans d'autres de la chaux d'os, c'est-à-dire, des os brulés au point de se laisser reduire en poudre. Après avoir bien luté les creusets, je leur ai fait soutenir la chaleur que j'ai crû convenable. La plupart de ces matieres ont contribué à rendre l'operation plus prompte, & ont parfaitement adouci les aciers, mais la chaux d'os, & la craye ont pourtant mérité la préférence.

Les terres qui contiennent plus de sels, comme la marne & la glaise ont eu un effet plus lent, & ont même quelquefois fait écailler l'acier. Le plâtre a encore plus mal réussi; il l'a fait fondre, lorsque j'ai donné une chaleur un peu vive, &

à une chaleur modérée, il l'a fait écailler considérablement. Le verre en poudre ne m'a point paru contribuer à adoucir l'acier.

Soit qu'on choisisse la chaux d'os, soit qu'on prenne la craye, ou quelque autre matiere terreuse, ce ne sont pas des matieres qui encheriront fort l'operation. La craye coute peu ; pour la chaux d'os, nous indiquerons dans la suite de cet ouvrage la façon simple de la préparer, & où on se peut fournir abondamment de quoy la faire ; comment il faut la réduire en poudre. On verra alors qu'il n'y a pas à apprehender que la consommation en soit considérable ; ce détail se trouvera placé dans un endroit où il est encore plus important qu'ici. Nous ajouterons seulement qu'avec cette poudre on mêlera environ le tiers du poids de poudre de charbon. La raison qui engage à ajouter du charbon se trouvera encore expliquée dans l'endroit auquel nous renvoyons.

Nous avons déjà dit que nous avons disposé ces poudres dans des creusets, lits par lits avec les barres d'acier ; mais pour le travail en grand, on les mettra dans les fourneaux même où l'on renferme les barres qu'on veut convertir en acier, & cela précisément comme nous l'avons enseigné ailleurs pour faire l'acier ; & on lutera les creusets de ces fourneaux avec les mêmes précautions.

A l'égard de la force, & de la durée du feu qu'on doit donner aux barres d'acier pour corriger leur défaut, c'est sur quoy on ne peut pas

établir de regles generales , elles varieront selon la figure & la grandeur des fourneaux dont on fera usage , selon la quantité & l'épaisseur des barres qu'on y mettra. Mais ce qui doit tenir lieu de regles plus précises , c'est que pour adoucir l'acier , pour le rendre traitable , il ne faut au plus que le quart de la durée du feu qu'il a fallu pour l'amener de fer à être acier , supposé qu'on se serve du même fourneau. Nous donnerons pourtant encore une autre regle plus sûre & plus commode , mais ce ne sera qu'après que nous aurons fait quelques réflexions sur le succès de cette opération.

Ce même acier , qui , lorsqu'il a été renfermé dans les creusets , ne pouvoit soutenir le marteau , lorsqu'on l'en retire se laisse presque forger comme le fer. Nous avons fait entendre de reste , que ce qui le rend si traitable , c'est que le feu que nous lui donnons lui enleve ses soufres , & ses sels superflus sans lui en rendre d'autres. Reste à examiner pourquoy le succès de l'opération est beaucoup plus prompt , quand des matieres alcalines , comme la craye , & la chaux d'os enveloppent notre acier , que quand il est seul dans les creusets. Quand il y est seul , quand il n'est entouré que d'air , quoyque le feu lui enlevât aussi aisément ses soufres & ses sels , l'acier n'en seroit pas dépouillé en aussi peu de temps. Aussi tôt qu'ils sont sortis de l'acier , ils ne s'échappent pas tous des creusets bien lutés où ce metal est renfermé ;

une partie circule apparemment dans ces creusets, l'acier la reboit, il s'en charge de nouveau; c'est en quelque sorte faire sécher un linge mouillé dans un vase assés bien bouché; le soleil pourroit faire élever en vapeurs l'eau de ce linge, mais une partie de la même vapeur retomberoit bien-tôt dessus; au lieu que les matieres alcalines s'emparent des souffres & des sels que le feu chasse hors de l'acier, comme elles en sont dénuées, elles les conservent.

Le contact immediat de l'acier, & de ces mêmes matieres est encore utile par une autre considération; dès que les souffres & les sels ont été conduits à la premiere surface du fer, ils sont saisis par nos matieres terreuses. Qui a vu enlever une tache de graisse ou d'huile de dessus quelque habit avec de la craye de Briançon, ou quelque autre terre grasse, a vû apparemment quelque chose semblable à l'effet de nos crayes & de nos chaux sur la surface de l'acier. La surface extérieure de l'acier, sa premiere couche est donc bien-tôt dépouillée des souffres & des sels que le feu y a amenés, nos matieres alcalines les boivent; cette premiere couche de l'acier boit à son tour les souffres & les sels de la seconde couche, jusqu'au centre les parties de l'acier s'ôtent chacune quelque chose pour fournir à l'évaporation qui se fait sur la premiere surface.

Veut-on une preuve que tout se passe de la sorte, une preuve qui acheve de démontrer ce que

que nous avons voulu établir jusqu'ici, que l'acier n'est qu'un fer plus pénétré de matières sulfureuses & salines, une seule observation la fournira cette preuve, & fera voir que toute notre opération ne tend qu'à décomposer l'acier. Si on chauffe, trempe & si on casse ensuite un morceau d'acier, qui a soutenu le feu dans nos creusets pendant quelque temps, on voit que toute sa première couche est pur fer; c'est une bille d'acier qui est enveloppée d'une feuille de fer aussi mince qu'une feuille de papier. Si on pousse l'opération plus loin sur un autre morceau d'acier, si on lui fait souffrir le feu plus long-temps, on lui trouve une couche de fer plus épaisse. Une durée de feu encore plus longue ne laisse de l'acier que vers le centre. Enfin si l'on pousse l'opération à bout, l'acier disparaît entièrement, le barreau est retourné à sa première condition de fer; & ce qui est à remarquer, c'est que cela arrive sans un feu violent, à un degré de chaleur que l'acier soutiendrait sur les charbons le même temps sans changer de nature.

Après avoir donné, par bien des expériences, la manière de convertir le fer en acier, celles de ce Mémoire nous apprennent la manière de ramener l'acier à être fer. Nous avons donc sa composition, & sa décomposition: pour rendre le fer acier, nous l'avons entouré de matières qui pouvoient lui fournir des soufres & des sels; pour le rendre fer nous l'entourons de matières qui peuvent boire ces mêmes soufres, & ces mêmes sels.

Les remarques Physiques ne sont pas aussi souvent inutiles pour la pratique qu'on le croit communément. Nous verrons dans la suite de grands usages de celles-ci ; à présent nous en tirerons la règle la plus utile pour déterminer la durée du feu qu'on doit faire soutenir aux aciers dont on veut corriger les défauts. Je suppose que pour adoucir l'acier, pour le rendre traitable, qu'on l'a renfermé dans le même fourneau que nous avons décrit pour faire cet acier, ou qu'on s'est servi de quelqu'autre fourneau de dedans lequel on peut, quand on veut, retirer une barre sans déranger les autres. Pour se conduire sûrement, après quelques heures de feu, on tirera une barre d'acier du fourneau, on la trempera, & on la cassera ensuite : si tout au tour de sa cassure on apperçoit un cordon de fer, il est temps de tout retirer du fourneau ; si ce cordon n'y est point encore, il faut continuer le feu, & repeter l'épreuve sur une nouvelle barre.

Les aciers adoucis, rendus traitables au moyen de notre opération sont donc tous enveloppés d'une espece de feuille de fer très-mince. Peut-être regarde-t-on cette conséquence comme un grand inconvenient ; peut être pense-t-on qu'il ne faut pas tant faire valoir un secret qui corrige des défauts pour en donner d'autres ? Mais loin que l'on doive reprocher à notre opération la couche de fer mince dont elle recouvre l'acier, on doit l'estimer comme un de ses meilleurs effets, & comme

celui qui dédommage de reste de la petite dépense où elle engage.

Il est vrai que les barreaux ou billes d'acier dans lesquelles il reste du fer, sont regardés comme défectueuses par les Ouvriers ; & ils ont raison ; mais c'est que le fer n'y est pas placé, comme dans celles qui ont souffert nos recuits. Dans les aciers ordinaires le fer y est par veines irrégulières, & qui souvent occupent le centre, ou qui en sont proche ; là il ne peut être que nuisible ; quand on vient à aplattir la bille pour en faire un outil tranchant, il arrive que le fer se trouve en partie dans le tranchant même, ce qui le gâte. Mais la feuille de fer mince, & égale, qui enveloppe simplement nos aciers recuits ne peut jamais nuire ; elle ne se trouve jamais dans l'outil quand il est fini ; elle est si mince qu'elle peut à peine fournir aux écailles qui se détachent de l'acier pendant qu'on le forge pour en faire un outil ; & quand il en resteroit quelque chose, ce qui resteroit, se trouvant à la surface, seroit emporté par la lime.

Au lieu donc de regarder cette couche de fer comme nuisible, nous conseillons de la rendre plus épaisse que l'adoucissement de l'acier ne le demande ; il y a même des cas où il sera avantageux de l'avoir très-épaisse. Si les Ouvriers se conduisoient ordinairement par raison, dès qu'il auroient essayé des aciers enveloppés de fer, ils les demanderoient préférablement aux autres ; mais il faut plus d'un jour, avant de les accoutumer à trouver bon ce

dont ils ne font pas dans l'habitude de se servir ; il est même difficile de les déterminer à éprouver ; mais pour peu qu'ils éprouvent , ils trouveront aux aciers recuits bien des avantages sur les autres , en voici quelques-uns. 1°. Les aciers fins veulent être chauffés avec une grande attention , ils soutiennent difficilement le degré de chaleur , qu'on a souvent besoin de leur donner , ils se brulent aisément ; quand ils seront couverts de fer , ils se bruleront bien plus rarement , il y a beaucoup de cas où on est obligé de les en couvrir.

2°. Quelque outil qu'on fasse comme rasoirs , ciseaux , couteaux , canifs , on a beaucoup à travailler à la lime ; mais la lime mord plus aisément sur le fer que sur l'acier , ce sera donc une commodité d'avoir à limer du fer , plutôt que de l'acier , quoyqu'on fasse un outil d'acier.

3°. Mais un des avantages des plus considérables de nos nouveaux aciers , c'est qu'il épargneront bien les façons de corroyer & de faire des *étouffes*. Ce n'est guère qu'avec des étoffes que les Couteliers font des taillants qui doivent être les plus vifs , comme sont les rasoirs , &c. Pour composer ce qu'ils appellent étoffes , ils forgent séparément cinq lames d'acier de qualités différentes , une de l'acier le plus fin , deux d'aciers médiocres , & deux des plus gros aciers ; ils renferment la lame d'acier fin entre les deux lames d'acier médiocre , & celles-ci entre les deux lames d'acier grossier , ils les soudent , c'est-à-dire , qu'ils les chauffent , &c.

232 L'ART DE CONVERTIR

forgent jusqu'à ce qu'elles fassent corps , & c'est ce qu'ils appellent étoffe. Nous examinerons dans l'Art de la Coutellerie la raison de ce procédé , mais à présent nous voulons seulement faire remarquer qu'il tend à composer une barre d'acier de trois degrés de finesse différente. L'étoffe est graduée par trois degrés sensibles , les Ouvriers ne peuvent pas pousser cette graduation plus loin. Les recuits que nous donnons à nos aciers pour corriger leurs défauts , sans autre manipulation , en font des étoffes graduées par degrés insensibles , & infiniment variés. La surface est fer , ce qui est proche de cette surface est sans doute moins acier , acier moins fin , que ce qui en est un peu plus éloigné. La finesse de l'acier va en augmentant insensiblement jusqu'au centre. C'est donc-là la plus parfaite de toutes les étoffes.

4°. Il y a une infinité d'outils & d'instruments sur tout dans la Taillandrie , qu'on est obligé de faire d'aciers soudés entre deux fers ; pendant qu'on soude ainsi l'acier , on l'affoiblit , quelquefois on le brulle , & souvent on le soude mal ; qu'on prolonge la durée de nos recuits , & on aura des aciers enveloppés de couches de fer aussi épaisses qu'on souhaitera. L'acier fera certainement plus parfaitement soudé à ce fer , que ne l'est jamais l'acier qu'on a mis entre deux fers , & on épargnera cette façon.

5°. En lisant les Memoires précédents & surtout le sixième , on aura sans doute remarqué que les
barres

barres qui ont été autrefois fer , ne deviennent jamais également acier dans toute leur épaisseur , ce qui approche le plus du centre l'est toujours moins que ce qui en est plus éloigné : c'est cependant dans le centre des barres où il seroit à souhaiter que l'acier fût le plus fin , mais on n'ose faire prendre au centre le dernier degré de finesse , de crainte de rendre la surface trop peu traitable. Au moyen de nos recuits on n'a plus à apprehender que le centre soit un acier trop fin ; ils donneront à l'acier une gradation toute contraire à celle qu'il avoit en sortant du fourneau où il a cessé d'être fer , & la plus favorable gradation ; ce qui sera près des bords deviendra par-degrés acier moins fin , que ce qui approche plus du centre.

Ce n'est pas au reste sur les seuls aciers venus de barres de fer qu'opèrent nos recuits , ils produisent un effet pareil sur ceux qui viennent immédiatement des fontes ; ils peuvent servir à raccommo-der quantité d'aciers que nos Ouvriers ont été obligés de jeter au rebut. En un mot il n'est guère d'aciers que ces recuits ne puissent adoucir , mais il n'en est point qu'ils ne ramenassent à être entièrement fer , si on les fait agir assés longtemps.

Il y a des aciers que les recuits ne peuvent qu'un peu raccommo-der , & qu'ils ne sçauroient jamais rendre aisés à forger ; ce sont ceux qui sont venus des mauvaises especes de fer , dont nous avons donné le caractère ailleurs. Les parties de ces fers

tiennent naturellement mal ensemble, on ne scauroit les séparer les unes des autres par l'introduction d'une nouvelle matiere, quelque peu qu'on les sépare, qu'on les sépare trop. A peine les premieres couches de quelques-uns de ces fers commencent-elles à devenir acier, qu'elles ne peuvent plus souffrir le marteau sans se gerfer de toutes parts. Nous avons fait observer que ces sortes de fers sont d'un tissu moins ferré, plus spongieux que celui des autres, il y en a qui paroissent même tels à la vûë simple; leurs molecules ou lames, sont séparées par des vuides sensiblement plus grands.

Lorsque j'ai parlé des premieres tentatives que j'ai faites pour rendre les aciers traitables, j'ai dit que je n'y avois pas réussi en les exposant immédiatement à l'action du feu; cette proposition generale a besoin de quelque explication, car lorsque le feu que j'ai fait agir immédiatement sur les aciers a été long, sans être excessivement vif, il les a rendus plus faciles à travailler, mais ç'a été avec un déchet considérable; les premieres couches des barreaux s'en sont allées en écailles. J'ai mis de ces aciers dans un de ces fourneaux où on fait les essais de la teneur des mines, le feu n'y est point entretenu par le mouvement du soufflet, il y est assés doux, les barreaux sont restés une journée entiere exposés à son action; quand on est venu à les forger, il y a eu plus du tiers de diminution, &c cependant la couche de fer dont ils

LE FER FORGE' EN ACIER. 235

sont restés enveloppés étoit à peine assés épaisse pour être sensible ; c'en est assés pour faire voir que l'action immediate du feu est entierement à rejeter.

Cette experience & toutes celles qui la précèdent nous apprennent pourquoy on affoiblit les aciers fins en leurs donnant plusieurs chaudes, & pourquoy une seule chaude pousée a un trop grand degré de feu, en fait ce que les Ouvriers appellent des aciers pâmés, ce qui est à proprement parler les détruire, les ramener à être fer : une violente chaleur peut produire subitement l'effet que nos recuits doux ne produisent qu'à la longue.

J'ai crû devoir éprouver si au moyen de recuits pareils à ceux que nous donnons aux aciers in-traitables, on ne rendroit pas les mauvais fers propres à devenir de bons aciers. J'ai donc fait recuire de ces fers, & après qu'ils ont été sortis du recuit, je les ai remis au fourneau entourés de matieres qui les ont converti en acier ; mais ils sont toujours devenus de mauvais aciers. Le recuit emporte bien une partie des sels ou des soufres qu'ils avoient de trop, mais il ne leur ôte pas la disposition qu'ils ont de s'en abreuver excessivement ; quand on les entoure de matieres qui peuvent leur en fournir, comme on le fait lorsqu'on travaille à les convertir en acier, ils en prennent au delà de ce qu'ils en devroient prendre.

Au reste il seroit assés inutile d'entrer dans le

détail des frais ou engageront les recuits qu'on emploiera pour corriger les défauts des aciers, il est aisé de juger, par ce qu'il en coûte pour convertir le fer en acier, qu'ils n'iront pas loin. Le recuit ne sçauroit coûter le quart de la dépense qu'a coûté la conversion, & rendra bons des aciers qui eussent resté en pure perte.



NEUVIEME MEMOIRE.

Sur l'analogie qu'il y a entre les procedés au moyen desquels on tire des aciers immédiatement des fontes, & ceux qui changent le fer forgé en acier. Sur une maniere de faire de l'acier de fer forgé; dont nous n'avons point encore parlé; & pourquoy il est plus aisé de porter les aciers de fer forgé au point de perfection où on les veut, que ceux qui viennent des fontes.

LE fer qui se charge d'une certaine quantité de matieres sulfureuses & salines devient acier, l'acier qu'on a dépouillé de ces mêmes matieres redevient fer; quoy que ces propositions puissent à présent être prises pour des principes, il est pourtant bon de voir, comment elles s'accordent avec les différentes pratiques, au moyen desquelles on fait l'acier. Nous avons dit, dans le premier Memoire, qu'on le tire quand on veut immédiatement des fontes, c'est même la façon generale; avec les mêmes fontes, sans addition d'aucune matiere, on peut faire ou du fer doux ou de l'acier, en suivant des procedés différents, mais

qui peut-être ne le paroîtroient pas assés, pour qu'on dût attendre des différences aussi considérables qu'on les trouve entre le fer & l'acier, si on connoissoit moins, que nous connoissons à présent, le principe de ces différences.

La fonte de fer, cette matiere qu'on a tirée de la mine par la premiere fusion, est souvent plus dure que l'acier le mieux trempé, elle est incapable de soutenir le marteau soit à chaud, soit à froid; nous ne nous sommes pas proposés, dans ces Memoires, d'expliquer en détail toutes les opérations qui la ramènent à être un fer forgeable & doux, ni celles qui la changent en acier, tout cela est réservé pour un plus grand ouvrage que celui-ci; mais pour avoir des idées plus claires, plus completes sur la nature du fer & de l'acier, nous ne pouvons guère nous empêcher de faire voir ici l'analogie qu'il y a entre les aciers tirés immédiatement des fontes, & ceux qui sont venus de fer forgé: de quelque façon qu'ils soient faits, le point essentiel est de voir qu'ils sont toujours pénétrés d'une plus grande quantité de soufres & de fels que le fer. Nous venons à la verité de dire, qu'on fait quelquefois des aciers avec la fonte sans lui ajouter plus de ces sortes de matieres, que quand on en fait du fer; & on n'en sera pas surpris dès qu'on sçaura que la fonte en a de reste. Comme nous avons décomposé l'acier pour le ramener à être fer, on décompose aussi la fonte pour la rendre fer doux,

LE FER FORGE EN ACIER. 239

ou pour la rendre acier ; mais on la décompose davantage , on lui ôte plus , quand on la rend un fer doux.

Pour développer davantage cette idée , & pour la prouver en même-temps , remontons encore une fois jusqu'à la mine & disons encore une fois que toute mine de fer est un mélange de parties terreuses , de parties ferrugineuses & de parties sulfureuses & salines. Les soufres & les sels abondent dans toutes les mines des métaux , il faut souvent leur enlever une partie considérable de leurs soufres avant d'avoir les parties métalliques séparément. Il y a même des mines de fer , comme de celles des autres métaux , qu'on fondroit avec trop de déchet , si on ne commençoit pas par les rotir , c'est-à-dire , par brûler à feu doux une partie de leurs soufres. Parmi ces mines , il y en a qui , pendant qu'on les rotit , répandent une odeur qui est précisément la même que celle que répand le soufre commun pendant qu'il brûle. Que les mines de fer aient été roties , ou qu'elles ne l'aient pas été , elles ont encore considérablement de soufres quand on les jette dans le fourneau ; là se fait leur fusion ; & ce qu'elle opère principalement , c'est qu'elle met les parties métalliques en état de se séparer des parties terreuses. Ces dernières plus légères surnagent , après avoir été réduites en une espèce de verre ; on donne un écoulement continuel à ce verre pour le retirer de dessus le fluide métallique ;

mais pendant cette première fusion les parties métalliques ne laissent guère échapper de matières sulfureuses & salines, ou n'en laissent pas échapper à beaucoup près assés; le feu n'en peut guère enlever au fer qui est en bain, il n'a au plus de prise que sur la surface supérieure du liquide. On fait couler hors du fourneau cette fonte, on la laisse figer; elle est un fer encore mêlé avec quelques matières terreuses, car la séparation de toute cette espèce de matière n'a pas pu être exactement faite, mais elle est surtout un fer très-pénétré de soufres & de sels. Ce qu'il y a à faire pour affiner cette fonte, pour la mettre en état de souffrir le marteau à chaud & à froid, c'est de la dépouiller d'une partie de ce qui lui est resté de matière terreuse, de brûler ses soufres, & lui enlever ses sels superflus, après quoy les parties métalliques étant moins séparées les uns des autres tiendront mieux ensemble: mais on brûlera plus ou moins de soufres, on lui enlèvera plus ou moins de sels, selon qu'on la voudra rendre ou du fer, ou de l'acier.

Si on purge bien la fonte de sa partie terreuse, nous dirons dans un moment qu'on y parvient en la fondant une seconde fois, cette fonte épurée de parties terreuses, mais très-chargée de soufres & de sels pourra être regardée comme acier; mais comme l'étant trop en quelque sorte, & étant par là intraitable. Les fers autrefois malleables, qui après être devenus aciers, sont pénétrés abondamment

damment de nouvelles matieres sulfureuses & salines, ne peuvent plus soutenir le marteau; ils sont devenus trop acier; ils se sont rapprochés de l'état de la fonte. Il y a plus, si on veut venir à bout de fondre du fer, ou de l'acier, les rendre fluides une seconde fois, il leur faut joindre de nouvelles matieres sulfureuses; & après la fusion ils sont retournés à être une fonte qui approche de celle qu'ils ont été autrefois. Cette nouvelle fonte ne sauroit soutenir le marteau, on ne viendroit à bout de la rendre malleable, soit à chaud, soit à froid, qu'après lui avoir enlevé ses souffres superflus; la fonte ordinaire, la fonte naturelle est dans le même état que cette espece de fonte artificielle, c'est pour abonder trop en souffres, & en sels, que ses parties tiennent si peu ensemble, que quoyque très-dure, elle est très-cassante. L'acier est plus aisé à ramollir par le feu que le fer, la fonte est plus aisée à ramollir que l'acier ordinaire.

Il ne manqueroit rien à la fonte pour avoir les caracteres de l'acier, si elle s'endurcissoit à la trempe. Les fontes blanches ont un degré de dureté qui égale, & surpasse même souvent celui des aciers trempés, de sorte qu'il n'est pas aisé d'essayer avec la lime si la dureté augmente par la trempe; mais il y a des fontes grises qui sont limables. J'ai chauffé de ces sortes de fontes grises, je les ai trempées rouges; après la trempe la lime ne mordoit plus, où mordoit très-difficilement sur les mêmes endroits qu'elle ufoit facilement avant qu'ils eussent

été trempés. On peut donc regarder les fontes, & sur tout les fontes bien purgées de toutes matières terreuses, ou celles qui sont les plus blanches, comme de véritables aciers, mais les plus intraitables. Quand les fontes grises ne prendroient pas autant de dureté à la trempe que les excellents aciers, ce ne seroit pas qu'elles manquaient des soufres & des sels qui caractérisent l'acier, ce seroit la faute des parties terreuses, dont elles sont trop chargées; ces parties ne sont point acier, & quoique vitrifiées elles cedent à la lime, comme le verre lui-même y cede. C'est donc beaucoup que ces sortes de fontes augmentent sensiblement en dureté lorsqu'on les trempe, c'est une preuve que leurs grains métalliques sont très-acier.

De sorte que si on conçoit une progression composée de termes qui expriment les différents états du fer & de l'acier; je veux dire de termes qui expriment des masses de matières ferrugineuses, dont les parties sont de plus en plus liées ensemble pour résister au marteau pendant qu'on les forge, & qui en même-temps ont toujours moins de parties sulfureuses & salines que les masses qui les précèdent, si, dis-je, on conçoit une pareille progression, la fonte bien épurée, bien blanche, en sera le premier terme; elle est le plus haut degré de l'acier. Si on brûle les soufres de cette fonte, mais seulement jusqu'à un certain point, on aura le second terme de la progression, qui sera un acier intraitable, qui restera

plein de gersures ; mais qui pourtant étant chaud pourra un peu résister au marteau , au lieu que la fonte n'y résistoit point du tout ; & qui trempé sera extrêmement dur. Si on surchauffe cet acier intraitable , si on lui enleve de ses matieres salines & inflammables , on le ramenera au troisième terme de la progression à être de l'acier aisé à travailler , & qui pourra prendre de la dureté à la trempe. Si cet acier , aisé à travailler , est ensuite chauffé trop violemment , mais seulement jusqu'à un certain point , il donnera , pour le quatrième terme de la progression , un acier surchauffé , c'est - à - dire , un acier aisé à travailler , mais incapable de s'endurcir suffisamment par la trempe. Enfin on aura pour cinquième terme de cette progression , ce que les Ouvriers appellent de l'acier *pâmé* , ou du fer , si on chauffe encore trop fortement l'acier qui avoit été surchauffé.

Quoyqu'on ne puisse ramener la fonte à être fer ou acier , sans la faire passer par les états moyens de notre progression , on ne la voit pas paroître sous ces différentes formes dans les forges où on la travaille ; on la fait passer tout de suite à être acier ; & de même , on la réduit sans la sortir de l'affinerie à être fer doux ; mais les passages que nous avons indiqué n'en sont pas moins réels pour n'être pas apperçus , ni être à portée de l'être. Pour nous en convaincre , voyons en gros , en quoy différent les procédés , qu'on suit pour rendre cette fonte fer , de ceux qu'on suit pour la rendre acier.

244 L'ART DE CONVERTIR

Veut-on faire du fer, & sur tout du fer bien doux; on prend par préférence des fontes blanches. Cette fonte a été moulée en forme de gueuse; un des bouts de la gueuse est placé au dessus de l'affinerie qui est une espèce de grand creuset quarré, formé par des plaques de fer, qui n'a que sept à huit pouces de profondeur. L'affinerie est remplie de charbon, il y en a même assez pour couvrir le bout de la gueuse; deux grands soufflets entretiennent un feu violent qui ramollit le bout de la gueuse, qui la fait fondre; elle laisse tomber des gouttes, comme on laisseroit tomber le bout d'un bâton de Cire d'Espagne posé au dessus d'une bougie. Un Ouvrier tient dans cette affinerie un grand Ringard, avec lequel il rassemble la matière qui y tombe, il la pâtrit, il la retourne, & en forme une masse du poids de 80 à 90 livres qui est appelée dans les forges une Loupe. Cette matière, soit avant qu'elle ait pris la forme de Loupe, soit quand elle l'a prise, est environnée de charbon allumé; le vent des soufflets fait circuler la flamme de toutes parts au tour de la loupe; il n'y a même aucune partie de la masse contre laquelle elle ne soit dardée violemment. Mais ce à quoy il y a sur tout à faire attention ici, & ce que nous ne retrouverons point quand on voudra faire de l'acier avec de pareille fonte, c'est la façon de pâtrer la fonte & la loupe avec le Ringard: au moyen de cette manœuvre toutes les parties de la fonte sont successivement exposées à

LE FER FORGE' EN ACIER. 243

l'action immédiate de la flamme. L'expérience a appris que mieux la loupe a été paitrie, mieux elle a été chauffée, & plus long-temps, & plus doux est le fer qu'on en tire; mais aussi moins on en a. On brule plus les souffres, on emporte mieux les sels, mais en même-temps on brule plus de fer; aussi plus on fait le fer doux, sur tout avec des fontes médiocres, & plus on trouve de déchet. On imagine bien que pendant que la loupe a été tenuë dans l'affinerie, qu'une grande partie de ce qui lui restoit de matiere terreuse, de matiere vitrifiée s'en est séparé. Cette matiere est plus aisée à ramollir que le fer; elle en est encore exprimée quand on porte la loupe sous le gros marteau qui pese un millier, & quelquefois jusqu'à 1300 livres; on y forge cette loupe à diverses reprises, après lui avoir donné à chaque fois une nouvelle chaude, comme on la donne à toute barre de fer qu'on doit forger.

Veut-on faire de l'acier, on peut le faire avec des fontes blanches; mais on en prend par préférence de médiocrement grises, c'est à dire, de celles qui ne sont pas les plus pures: ce n'est pas qu'on ait envie de laisser plus de matiere terreuse & vitrifiée à l'acier qu'au fer, mais c'est qu'on ne peut pas employer un feu si violent pour séparer cette matiere de la fonte, qui est destinée à être acier, que de celle qui est destinée à être fer; & quand elle en a eu un peu d'avantage, il est plus aisé de l'en purifier par un feu doux.

246 L'ART DE CONVERTIR

Les methodes qu'on suit pour affiner la fonte, qu'on veut rendre acier, ne sont pas aussi uniformes que celles qu'on pratique pour la rendre fer; en general elles conviennent en ce qu'on place le bout de la gueuse, ou de la masse de fonte au dessus d'une affinerie beaucoup plus profonde. Il y a des pays où ce creuset, cette affinerie a plus de deux pieds, ou deux pieds & demi de profondeur. On laisse tranquille la fonte qui est tombée dans ce grand creuset, elle est simplement couverte de charbons allumés; la flamme des soufflets n'est dardée que contre la matiere qui est à fondre: quand l'affinerie contient la quantité qu'on veut de matiere fonduë, c'est-à-dire, ordinairement, quand elle en est pleine, on arrête les soufflets. Dans quelque pays on débouche le bas du creuset ou de l'affinerie pour la faire couler, & la mouler grossierement en plaques minces; en d'autres pays on la laisse figer dans l'affinerie même; à mesure qu'une couche, de l'épaisseur d'environ un pouce, s'est figée, on l'enleve. Mais avant de commencer à enlever ces couches de fer, on enleve d'autres couches de matiere vitrifiée qui l'ont sur-nagé, & qui se sont refroidies dessus. Si on a donné écoulement à la fonte, on trouve sur sa surface une couche d'une pareille matiere. Cette manipulation, de quelque façon qu'on la varie, tend donc à épurer la fonte de sa matiere terreuse, mais sans lui ôter beaucoup de ses parties sulfureuses & salines. Il y a même une pratique en

usage dans les endroits, où l'on fait le meilleur acier de fonte qui semble n'avoir pour but que de rendre à la fonte ce qu'elle pourroit perdre de ces sortes de matieres pendant la fusion. Les parois de l'affinerie, qui sont tantôt de plaques de fer, tantôt de briques, sont revêtues d'une couche de charbon pilé; de sorte que la fonte est en fusion dans une espece de creuset de poudre de charbon. Nos expériences du premier Memoire ont fait voir qu'un pareil creuset pourroit seul fournir au fer de quoy le rendre acier.

Il y a même des Ouvriers qui jettent dans leurs affineries des cornes, de la suye, & d'autres matieres pareilles, l'effet qu'elles produisent n'a pas même besoin d'être indiqué; on voit suffisamment ce qu'elles peuvent fournir à la fonte.

Quoyqu'il en soit de ces pratiques plus raffinées, qui ne font rien à l'objet principal que nous suivons; la fonte qui a été affinée par une seconde fusion, est portée ensuite à une affinerie, à une chaufferie, là il la faut chauffer au point nécessaire pour faire évaporer assés de parties salines & sulfureuses pour que les parties metalliques ne soient plus trop écartées, pour qu'elles puissent tenir ensemble. Comme c'est l'unique ouvrage qui reste à faire, que dans cette opération, on n'est pas obligé de mettre la matiere vitrifiée en état de se dégager, comme lorsqu'on a voulu faire du fer, on n'est pas obligé de donner un feu si violent; on

248 L'ART DE CONVERTIR

laisse chauffer cete matiere jusqu'à ce qu'on juge que le feu l'a mise en état de soutenir le marteau ; mais pendant qu'elle chauffe on ne la paitrit point, comme on a paitri la loupe dont on a voulu faire du fer.

Le grand point est de tirer du feu à propos la masse de matiere ; si elle l'a trop souffert, elle sera fer ; & quelque précaution qu'on prenne, il arrive presque toujours qu'une portion de cette masse, qui en fera tantôt le quart, tantôt le tiers, ne donnera que du fer. Il est impossible que tout ait chauffé également, & tout ce qui aura trop chauffé sera fer ; un bout de la barre, qui sera forgée de cette matiere, la sera, & un autre bout se trouvera acier. Si le fer & l'acier pouvoient toujours se placer ainsi séparément, ce ne seroit pas un grand mal ; mais le vrai mal, le grand inconvenient de cette façon de faire l'acier est qu'on ne peut guère s'assurer qu'une barre ne soit pas fourrée de veines de fer, qui tantôt seront plus proches du centre, & tantôt plus proches de la surface, selon l'endroit où les parties ferrugineuses qui auront eu trop de feu se seront trouvées, & selon l'endroit où les coups de marteau les auront forcé à se placer.

De là on peut conclure qu'il est bien plus difficile de faire avec la fonte des aciers où il ne reste point de veines de fer, qu'il n'est difficile d'en faire d'exempts de ce défaut en convertissant des barres de fer forgé en acier ; on est toujours

jours le maître de transformer les barres de fer jusqu'au centre.

Dans la plupart des forges à acier, quand la fonte affinée, la fonte qui a été fonduë une seconde fois, est remise au feu, les Ouvriers jettent dessus du sable, ou quelque matiere vitrifiée, réduite en poudre, les crasses des fontes fournissent cette dernière matiere : le sable, ou cette poudre se fondent, ils enduisent la masse métallique, & empêchent que l'action du feu ne la chauffe trop, ou qu'il ne la réduise trop en fer.

Les aciers faits de fer forgé, & même les aciers de fonte, dont nous venons de parler, sont des ouvrages de l'Art, on peut les appeller des aciers artificiels ; mais il semble qu'on peut donner le nom d'aciers naturels à ceux qu'on tire de ces fontes qui n'ont jamais coulé hors du fourneau ; tels que sont les aciers du pays de Foix, ceux des environs de Foderberg en Allemagne, &c. Nous avons remarqué au commencement du premier mémoire, qu'on laisse refroidir ces fontes dans le fourneau même, où a été fonduë la mine qui les a fournies ; que ces masses de fonte y prennent une forme ronde qui tient de la boule aplatie, ou du gâteau ; qu'on la coupe en divers morceaux selon des lignes paralleles à un de ses diametres. Ces differents morceaux sont portés immédiatement à la chaufferie ; on les en retire pour les forger en barres : Les barres venues des morceaux pris vers le milieu sont presque pur fer, & les barres ve-

nuës des morceaux pris près des bords sont acier, quoyque chauffées & forgées précisément de la même maniere. Le singulier est que ce qui se trouve près de la circonference de la masse donne de l'acier, pendant que le reste donne du fer. La cause de ce fait se tire pourtant très-naturellement de ce que la fonte propre à faire l'acier est plus fluide; ses souffres la rendent telle; ce qui a été plus fluide, ce qui a été plus propre à faire l'acier a dû couler plus loin, & par conséquent se trouver plus près des bords. Les morceaux détachés de la masse, ceux qui ont coulé encore plus loin, donnent, au rapport des Ouvriers, de meilleurs aciers que le reste.

Il y a une maniere de convertir le fer en acier, dont nous n'avons point parlé, qui est enseignée par Vanoccio dans sa *Pirotechnie* livre 1. chapitre 7. qui merite bien que nous en disions quelque chose; elle auroit pû paroître difficile à expliquer, si on n'avoit pas les notions que nous avons données de la nature du fer, de celle de l'acier, & de celle de la fonte. On tient en fusion une certaine quantité de fonte, dans cette fonte en bain on plonge du fer forgé, on l'y laisse tremper quelque temps, quand on l'en retire, on le trouve acier. J'ai fait cette expérience avant de l'avoir lue dans Vanoccio, & il n'étoit presque pas possible que je ne la fisse pas, aiant tenu tant de fois de la fonte de fer en fusion; pendant que cette fonte étoit en fusion, en bain, mille circonstances de-

LE FER FORGE' EN ACIER. 251

mandoient qu'on y plongeât des verges , ou de gros fils de fer pour la remuer : or le fer qui avoit trempé à plusieurs reprises dans la fonte se trouvoit acier en entier ou en partie. J'ai ensuite fait à dessein la même expérience , en tenant au milieu de la fonte en bain des morceaux de fer tantôt plus, & tantôt moins de temps. Mon dessein n'est pas de m'arrêter ici à toutes les circonstances de cette façon de convertir le fer en acier , qui est encore pratiquée en quelques pays. Je n'ai pas même fait sur cette matiere toutes les expériences que je pense nécessaires ; je l'ai éprouvée sur quelques especes de fer , mais je ne l'ai pas éprouvée sur assés d'especes ; je n'ai pas même tenu les fers en fusion dans les différentes especes de fontes , que je crois devoir être essayées. Je n'ai point fait à ces fontes les additions des différentes matieres qu'on y peut faire ; en un mot , je crois qu'elle merite encore un travail réglé & suivi , dont je ne me tiens pas quitte ; mais j'avertirai ceux qui en voudront faire les expériences , & qui commenceront , comme il est toujours plus sage , par les faire en petit , qu'ils ne s'étonnent pas si ils trouvent un dechet considérable. Un morceau de fer qui ne sera pas plus gros que le petit doigt , étant tenu dans la fonte fluide pendant un quart d'heure , ou une demi heure , y perdra une partie considérable de son volume , s'y fondra lui-même en partie ; mais ce qui sera resté sans se fondre , sera acier entierement , s'il a demeuré assés long-temps plongé dans la

fonte. Quand on fera la même expérience plus en grand, que le fer, qu'on tiendra au milieu de la fonte, aura un pouce & demi en quarré ou davan-tage, il ne se convertira en acier que dans un temps beaucoup plus long proportionnellement ; mais ne sera pas avec une diminution proportionnelle. Le fer le plus gros ne se fondra pas comme le plus mince, & plus il sera gros, & moins il s'en fon-dra.

J'ajouterai cependant encore qu'il m'a paru qu'il y aura ici un choix à faire des fers, comme pour nôtre autre conversion du fer en acier, que j'en ai trouvé, qui avoient été transformés au milieu de la fonte, qui sont devenus gerseux, comme ceux qui ont été transformés au milieu de nos compositions, & qu'au contraire d'autres fers y sont devenus des aciers très aisés à forger.

Mais pour revenir à la cause de cette transfor-mation, elle se déduit si naturellement de ce que nous avons établi, qu'elle serviroit même à le prou-ver, s'il étoit besoin de nouvelle preuve. Le fer avide des souffres boit une partie de ceux de la fon-te qui en a plus que lui ; après les avoir bûs, après s'en être chargé, il se trouve dans cet état moyen que nous appellons acier ; il a plus de souffres & de sels qu'il n'en avoit étant fer, & en a moins que la fonte. Il peut se rencontrer des fers, où les parties sulfureuses s'engagent moins aisément, & des fon-res qui les retiennent mieux ; l'une ou l'autre de ces circonstances, ou toutes les deux ensemble peuvent

faire naître bien des varietés dans le succès des expériences.

Quoyqu'il en soit cette derniere maniere de faire l'acier meriteroit fort qu'on cherchât à la perfectionner ; mais il n'y auroit pas moins à travailler pour faire mieux réussir les aciers que nous tirons des fontes , on y parviendroit peut-être , si on se donnoit la peine de faire les experiences que cette matiere merite. J'ai voulu le tenter , mais j'ai été forcé d'abandonner mon projet ; Je ne me suis pas trouvé à portée de faire des essais en grand , & de quelque façon que je m'y sois pris , je n'ai pu surmonter les difficultés qui se sont présentées dans le travail en petit. Je me suis servi d'une forge ordinaire avec un seul soufflet double ; j'y faisois fondre & affiner trois à quatre livres de fonte à la fois, sur un si petit volume la diminution est très considérable ; quelquefois je n'ai pu parvenir à retirer le quart de mon poids en fer, ou en acier forgé ; pour l'ordinaire je n'en ai eu que la moitié , & rarement en ai-je eu les trois quarts. En petit , il y a proportionnellement plus de surface exposée à se brasser qu'en grand ; plus de fonte proportionnellement se mêle avec les parties du charbon qui sont vitrifiées , par conséquent il y en a plus de réduites en machefer.

L'inconvenient du dechet ne m'eût pourtant pas arrêté , il m'eût suffi de parvenir à faire de meilleurs aciers ; lorsqu'on les eût fait en grand , en suivant la même methode , ce n'eût pas été avec la même

me perte, mais en travaillant une si petite masse, il est bien difficile d'empêcher qu'elle ne chauffe trop quelque part; & selon nos remarques précédentes ces endroits trop chauffés se trouvent fer, souvent même la masse entière se trouve trop chauffée. De-là il m'est arrivé bien des fois, qu'après avoir affiné une certaine quantité de fonte & l'avoir partagée en deux parties égales, que je ne remettois à la forge que l'une après l'autre; il m'est arrivé, dis-je, qu'une de ces parties se trouvoit toute acier, & l'autre entièrement fer; quoyque j'eusse tâché de les placer semblablement & de leur donner un feu à peu près égal, j'avois été bien éloigné d'y réussir. Mais plus ordinairement il m'est arrivé que les barreaux ou petites billes que je tirois de ces fontes étoient partie acier, & partie fer.

En general pourtant j'ai trouvé moins de fer, & plus d'acier, lorsque j'ai eu attention que la masse de fonte fût bien enveloppée de matiere vitrifiée, de sable fondu.

Il y a sur tout deux choses auxquelles on doit s'attacher pour faire de bons aciers avec les fontes. La premiere, c'est de bien affiner les fontes, de les bien purger de leurs parties purement terreuses. Les aciers seront d'autant moins durs, qu'il y sera plus resté de cette partie terreuse, puisqu'elle est moins dure que l'acier, & qu'elle ne prend point la trempe. Nous avons déjà eu lieu de soupçonner que la matiere des aciers faits de fonte n'est pas aussi bien purifiée des matieres terreuses ou vi-

trifiées, que l'est la matiere des barres de fer; ce soupçon sera peut-être fortifié si on fait attention que le commun des aciers de fonte, n'ont pas autant de dureté que les aciers venus de fer forgé; il paroîtra probable que c'est qu'il est plus resté de matiere terreuse dans les premiers, que dans les seconds, parce que la fonte du fer a été mieux affinée que celle de l'acier. Tout paroît concourir à prouver, contre le préjugé où on étoit, que l'acier est moins pur que le fer, puisque les aciers communs ont non seulement plus de souffres & de sels que le fer, mais qu'ils ont peut-être plus de matiere terreuse.

Si on affinoit les fontes deux fois, au lieu qu'on se contente de les affiner une seule fois, ou si la fonte qu'on employe est de nature à ne pouvoir être refondue, qu'on ne pût la rendre assez fluide; si on mêloit cette fonte avec partie égale, ou plus grande, de fonte encore impure; il est sûr qu'on parviendroit à l'affiner mieux. Mais ces procédés causent du dechet, coûtent du charbon, & on ne peut faire entendre aux Ouvriers que les dépenses sont faites à usure, quand elles conduisent à donner de meilleur ouvrage. Il y a cent autres attentions pareilles qu'on pourroit avoir, pour mieux purifier les fontes.

Dans quelques cantons de l'Allemagne, on remet dans l'affinerie les masses de fontes affinées & forgées, au milieu d'une fonte moins pure. Des mélanges de différentes fontes brutes pourroient bien

faire ; comme à Rives on se trouve bien de mêler des fontes de Dauphiné avec celle de Franche-Comté.

Après avoir bien affiné les fontes , il faut sur tout être attentif à les empêcher de brûler. Le sable & les différentes poudres sablonneuses dont on les arrose y contribuent ; le laitier , ou les crasses des fontes , pulvérisé y contribuent aussi , & peut même être employé avec profit. J'ai remarqué ailleurs que j'avois éprouvé qu'il contenoit beaucoup de fer. Peut-être que dans la fusion il rendroit à la masse de fonte une partie de celui qu'il contient , ou au moins qu'il ne se chargeroit pas tant du fer de cette masse , que le fait un simple sable.

Enfin on peut tenter de faire liquéfier dans la fonte de vieilles ferrailles , des pointes de clouds , &c. Du fer ainsi ajouté lui fera prendre corps plus vite , il abrégera le temps où on est dans la nécessité de la tenir fondue ; il s'en dissipera moins de souffres des parties les plus proches de la surface ; le fer se chargera de ceux que le feu auroit fait évaporer ; ils le rendront lui-même acier. J'ai fait de cette manière des aciers dans une forge ordinaire qui ont bien réussi : j'ai mêlé tantôt un quart , & tantôt un tiers de fer avec la fonte.

Mais ce qu'il faut sur tout tenter , c'est de mêler avec les fontes des matières pareilles à celles dont on se sert pour convertir le fer en acier ,
des

LE FER FORGE' EN ACIER. 257

des fuyes, des sels, des charbons pilés. J'ai quelquefois revêtu avec ces fortes de matières, différemment mêlées & combinées, les parois de la capacité, qui devoit tenir la fonte en fusion; en petit le succès n'en a pas été heureux, je n'en crois pas moins à propos de l'éprouver en grand. Il a fallu alors tenir mes fontes en fusion, au moins un temps triple ou quadruple du temps ordinaire avant de pouvoir rassembler assés leurs parties, avant de leur faire prendre suffisamment de consistance pour pouvoir être forgées. Cet effet ne doit pas être si à craindre, sur une grande masse; en petit on étoit obligé de mettre trop de ces matières, où on n'en auroit point mis assés, elles eussent été brûlées trop vite, s'il y en avoit eu peu. Il paroît pourtant, au moins par ces expériences que de pareilles compositions augmentent la fluidité de la fonte; qu'elles peuvent la mettre en état de se mieux affiner, qu'elles peuvent empêcher la surface de se brûler, la conserver au point où elle doit être pour rester acier; qu'elles empêcheront cette surface de devenir fer, dans le temps qu'on est obligé de la chauffer, pour que les parties du milieu puissent prendre consistance.

A la vérité on peut s'en tenir aux aciers faits de fer forgé. il sera aisé d'en faire assés pour fournir aux besoins de tout l'univers; & probablement se feront toujours les meilleurs; mais les autres peuvent être de quelque chose moins

258 L'ART DE CONVERTIR

chers, & si avec cela on pouvoit les rendre bons, comme il y en a de bons en quelques pays, ce seroit un avantage. D'ailleurs il y a des endroits dont les fers ne conviennent pas pour faire l'acier, où on en pourroit faire avec les fontes.





DIXIEME MEMOIRE,

Des manieres de connoistre les défauts & les bonnes qualités de l'acier, & plusieurs vûes pour parvenir à comparer des aciers de differents degres de perfection.

L'Acier peut être mauvais au point de le paroître au premier coup d'œil, avoir des défauts qui se manifestent assés. Nous avons répété de reste, que quand les gersures y sont fréquentes *; que quand les angles des billes sont comme entaillés d'espace en espace *, qu'on peut compter qu'il est très-difficile à mettre en œuvre; & parmi nous ces sortes d'airs peuvent être regardés comme mauvais, quoyqu'ils soient les plus fins. Est-ce entierement leur faute, si ils sont trouvé si mauvais, n'est-ce point un peu celle de nos Ouvriers? C'est au moins une question, & qui peut-être ne seroit pas décidée à l'avantage de nos Ouvriers, si on leur demande autant d'habileté à traiter l'acier, qu'en ont les Ouvriers du Levant. Son Altesse Royale Monseigneur le Duc d'Orleans, a elle-même donné des ordres pour qu'on m'envoyât du Caire des aciers dont on fait les fameux sabres de damas. M. le Maire alors Consul du Caire s'est acquité de son mieux de cette commission,

* Pl. 8. fig.

* fig. 2.

260 L'ART DE CONVERTIR

parmi les aciers que nous avons reçu de lui, & qu'il assure être les meilleurs, il y en a un Pain, qu'on dit être de l'acier des Indes, & le plus estimé en Egypte; il n'y a point d'Ouvrier à Paris qui vint à bout d'en forger un outil. Il ne soutient guère mieux le feu que la fonte de fer. Les autres aciers du Levant sont pour l'ordinaire difficiles à forger, mais moins que celui-ci.

Si les billes ont beaucoup de pailles sur leur surface *, on ne doit pas se promettre d'en forger des ouvrages nets. Quand on vend l'acier, il a été trempé & cassé, si on apperçoit sur sa cassure des veines de fer, des endroits inégalement grainés, des lames brillantes en nombre mêlées avec des grains gris, ou ternes, cet acier a beaucoup de fer, & par conséquent ne vaut rien.

Mais les défauts de l'acier ne sont pas toujours si aisés à reconnoître; une barre, une bille peut être très nette, & cependant de nature à être difficilement travaillée; la vraie épreuve pour connoître si l'acier est exempt de ce défaut, est de le forger après lui avoir donné une chaude suante, ou telle qu'il la faut pour qu'une partie de la bille aiant été repliée sur l'autre, puisse être forcée par les coups à s'y unir assés parfaitement pour ne paroître plus faire qu'un même corps; c'est ce qu'en termes de Forgerons on appelle souder. De l'acier de mauvaise qualité peut être resté très-net, si on l'a forgé après l'avoir chauffé rouge; & sera plein de gersures, si on le chauffe

d'un rouge blanc, ou si on le chauffe presque suant, & on ne sçauroit le souder sans lui donner à peu près ce dernier degré de chaleur. Dans le mauvais acier les deux parties qu'on veut souder ensemble ne se soudront pas parfaitement. Si au contraire on casse de bon acier dans l'endroit où il a été soudé, on aura peine à reconnoître où a été autrefois la séparation des deux parties.

Dans le temps même qu'on chauffe de l'acier au point nécessaire pour le souder, on peut prévoir s'il est en état de soutenir le degré de chaleur qu'on a besoin de lui donner; on n'a qu'à prêter l'oreille; on entend un bourdonnement, que sans beaucoup d'habitude, on distingue du bruit que fait la flamme, ou de celui du vent du soufflet. Ce bourdonnement est l'effet d'une espèce de bouillonnement qui est produit dans l'acier; l'acier qui bout de la sorte se laissera mal forger. Encore un autre mauvais indice de la qualité de l'acier qu'on peut avoir pendant qu'il est dans la forge, c'est si, après l'avoir bien chauffé, l'avoir même un peu poudré de sable; sa surface ne laisse pas d'avoir un air sec, s'il ne paroît pas dessus une espèce de vernis.

Quand l'acier bien chauffé aura été porté sur l'enclume, s'il se casse sous le marteau; si même en aiant recourbé un bout pour le souder sur le reste, l'endroit du coude se crevé, se casse du moins en partie, cet acier se laissera mal travailler. *

* Pl. 8. fig.

5 D.

Que le Forgeron pourtant ne mette pas sur le compte de l'acier les défauts que sa négligence ou

son ignorance peuvent lui donner ; de bon acier peut être rendu mauvais si on le chauffe excessivement, si on le rend fondant, ou presque fondant.

Une des marques de la bonté de l'acier que les Marchands de Paris vantent le plus, & dont les Ouvriers médiocrement habiles font cas, c'est d'avoir la rose. Ce qu'ils appellent la rose, est une espèce de tache qui se trouve sur la cassure de quelques billes d'acier. Si cette tache ressemble à une rose, ce ne peut être que pour sa rondeur encore souvent est-elle ovale, & souvent a-t-elle d'autres contours très-irréguliers *. Le centre de la cassure est souvent celui de cette tache ; il y en a qui occupent la plus grande partie de la cassure, d'autres qui n'en occupent qu'une partie assez petite ; sa couleur n'est pas plus constante que sa figure. Il y en a d'un bleu assez clair, d'autres sont d'un bleu foncé presque noir, il y en a de jaunâtres de différents jaunes, quelques-unes sont seulement un peu plus ternes que le reste ; enfin il y en a où ces différentes couleurs forment des bandes concentriques. En un mot les couleurs des roses d'acier peuvent être pareilles à toutes celles qu'on fait prendre à la surface de l'acier, ou à celle du fer poli, qu'on chauffe doucement sur des charbons, soit pour les colorer, soit pour les recuire. Nous parlerons ailleurs de ces sortes de couleurs, & lorsque nous en expliquerons la cause, nous indiquerons celle qui produit dans l'intérieur de quelques aciers les ta-

* fig. 4, 5,
6, 7.

LE FER FORGE' EN ACIER. 263

ches appellées Roses. Elles n'ont rien de plus constant dans la même bille que dans des billes différentes. Une bille cassée dans un endroit, montrera une rose de couleur, de grandeur & de figure différente de celle qu'elle montrera cassée dans un autre endroit ; il y a même des endroits où si la bille est cassée, on ne lui verra point du tout de rose.

Il n'est guère de signe plus équivoque de la bonté de l'acier, que cette rose, on la trouve à la vérité à quelques aciers qui viennent d'Allemagne, & qui sont très-bons ; mais on la trouve aussi à des aciers médiocres. Nous en avons de Champagne & de Limousin qui l'ont quelquefois, & la plus grande partie des bons aciers d'Allemagne ne l'a pas. Je l'ai trouvée à des aciers du pais de Foix *, si grossiers qu'on ne croit pas même dans le pays leur devoir donner le nom d'aciers ; on les appelle fers forts. Ce que la rose marque de plus certain, c'est que l'acier où elle se trouve, est un acier qui vient de fonte ; je ne l'ai point vûë, au moins bien marquée dans les aciers venus de fer forgé.

* fig. 4.

Au reste cette tache n'est nullement permanente, elle est une suite du degré de chaleur qu'on a donné à l'acier pour le tremper. Si on fait beaucoup chauffer la bille où est la rose, on la fera disparaître dès la première chaude, ou au moins on l'affaiblira fort, on ne la retrouve plus dans les ouvrages de cet acier.

Dans quelques-unes de nos Provinces où l'on

264 L'ART DE CONVERTIR

fait de l'acier de fonte, on le forge en petites billes dont un des bouts est étiré en pointe *, on donne la rempe à ce bout *; & il sert à faire une sorte d'épreuve de la qualité de l'acier de la bille: pour cette épreuve, on la tient d'une main, environ par le milieu, & on donne un coup assés léger sur le gros bout *; quand l'acier est bon, au moins à un certain point, le bout de la bille opposé à celui qu'on a frappé, le bout amené en pointe se casse. cette épreuve apprend qu'il n'y avoit pas de veine de fer considérable dans l'endroit qui a été cassé; mais voilà aussi tout ce qu'elle apprend; c'est pourtant quelque chose que de ne point trouver de veines de fer dans des aciers de cette espece.

Si on excepte les premières épreuves grossieres dont nous venons de parler, le commun de nos Ouvriers n'ont presque rien qui les conduise sur la qualité des aciers qu'ils veulent mettre en œuvre; ils ne savent s'il est propre aux outils auxquels ils les destinent, que quand les outils sont finis; & souvent encore que quand ceux pour qui ils ont été faits en ont eu fait usage. Des Couteliers de bonne foy, & qui n'étoient pas des moins habiles dans leur profession, m'ont souvent avoué qu'ils ignoroient si un nouvel acier qu'ils avoient employé en rasoirs y convenoit jusqu'à ce que le Barbier leur eût rendu bon témoignage des rasoirs qu'ils lui avoient vendu.

La plus grande connoissance qu'ils ont des aciers qu'ils mettent en œuvre est de savoir le pays d'où
ils

LE FER FORGE' EN ACIER. 265

ils viennent. Nos Couteliers de Paris ne connoissent pour bons que ceux d'Allemagne ; offrés leurs des aciers d'Angleterre & d'Italie, pour être d'Angleterre & d'Italie, fussent-ils meilleurs que ceux d'Allemagne, ils n'en voudroient point acheter ; ils ne travaillent que par routine, ils sont accoutumés à une certaine forme d'acier ; donnés au même acier une autre forme, ils le rejeteront, & cela, parce qu'ils n'ont point de regles pour juger de sa qualité.

Il importeroit pourtant fort d'en avoir pour décider du merite de differents aciers & de ce à quoy les uns sont plus propres que les autres ; je vais proposer les vûes que j'ai eûes sur cela, je n'espère pourtant guère que le gros des Ouvriers se donne la peine d'en faire usage, mais au moins pourront-elles être utiles à ceux qui cherchent à se distinguer dans leur profession ; les particuliers, & les sçavants qui veulent faire faire certains ouvrages qui doivent être d'aciers choisis, pourront en faire faire le choix selon ces regles ; elles seront surtout utiles dans les manufactures d'acier, elles donneront moyen de s'assurer des qualités de celui qui y sera fabriqué.

Ce qu'il y a de difficile ici, ce n'est donc pas de découvrir quelques défauts assés ordinaires au commun des aciers : les aciers en general ont certaines qualités qui les rendent propres à des ouvrages qui ne sçauroient être faits de fer, le difficile est de déterminer le degré de perfection qu'ont

chacune de ces qualités dans chaque acier. Ces qualités peuvent être réduites à trois principales. 1°. A celle de prendre une certaine sorte de grainure étant trempé à un certain degré de chaleur. 2°. A celle d'acquies plus ou moins de dureté selon les degrés de chaleur auxquels il a été trempé. 3°. Enfin à la disposition de conserver après la trempe plus ou moins de corps.

Le nom de corps est pour l'ordinaire employé pour exprimer la propriété qu'a un acier trempé de résister à la force qui tend à le casser ; de deux aciers également durs , qui résistent également à la lime, celui qui est le plus aisé à casser, est celui qui a le moins de corps. De deux lames également épaisses, & trempées également la moins roide, celle qui se laissera le plus plier , a le plus de corps. De deux ciseaux à couper le fer froid , également trempés, également durs & à taillants semblables & égaux, celui-là a le plus de corps, qui pendant qu'on frappe dessus pour lui faire couper le fer, ou quelque corps s'égraine moins, se casse moins. C'est dans ce sens que nous prenons ici, & que nous prendrons dans la suite le mot de corps ; il exprimera toujours une sorte de souplesse qui reste à l'acier, malgré la dureté qu'il a acquise par la trempe. Les Ouvriers, peu accoutumés à attacher à leurs termes des idées nettes & des significations bien déterminées, prennent quelquefois le mot de corps, pour celui de dureté, si un ciseau refoule pendant qu'on lui fait couper le fer à froid, ils disent qu'il

n'a pas de corps : mais nous éviterons de nous en servir dans ce sens , qui est impropre , nous dirons plutôt qu'un pareil acier manque de dureté ; c'est par défaut de dureté que ses grains se laissent comprimer , & trop rapprocher les uns des autres. Ils disent aussi qu'un acier manque de corps , lorsqu'il ne soutient pas aisément de fortes chaudes , qu'il s'y affoiblit trop ; de ces significations & des autres qu'on donne quelquefois au corps de l'acier , nous ne retiendrons que la première.

Un acier étant supposé sans pailles , sans gerfures , sans furchauffures , sans veines ou lames de fer , & aisé à travailler , pour juger de sa valeur , & des usages auxquels il est le plus propre , nous avons dont trois choses à examiner , sçavoir sa grainure , sa dureté , & son corps ; nous avons à chercher des moyens de déterminer , si un acier excelle sur un autre par quelque'une de ces qualités ; celui de deux aciers , par exemple , qui peut prendre le grain le plus fin , & qui sera aussi appelé l'acier le plus fin. Nous avons de plus à déterminer de quelle façon ces trois qualités se combinent dans un même acier , car on doit sçavoir que plus l'acier prend de dureté , plus il perd de corps & de finesse de grain ; il s'agit donc encore de décider en quels aciers ces combinaisons sont les plus avantageuses ; mais avant de passer aux combinaisons , suivons chacune des qualités principales en particulier.

La finesse de l'acier , ou ce qui est la même cho-

se, la finesse du grain qu'il peut prendre, semble être de ces trois qualités la plus aisée à reconnoître; & celle dont la comparaison est la plus facile à faire; les yeux en peuvent être les juges. Les bons Ouvriers avoient pourtant qu'ils ne sçauroient connoître sur la cassure d'un acier trempé, s'il est plus fin qu'un autre; ils en donnent des raisons fort plausibles. Chauffés un morceau d'acier très fin presque blanc, trempés-le en cet état, & le cassés, sa cassure ne vous fera voir qu'un gros grain. Ne chauffés un acier médiocre, ou même un acier à terre, que couleur de cerise, & trempés-le, si on le casse après la trempe, on lui trouvera un grain fin. La finesse du grain semble donc dépendre du degré de chaleur qu'avoit un acier quand il a été trempé; elle en dépend aussi: mais ce qu'il s'agit de sçavoir, c'est si de deux aciers trempés à un même degré de chaleur, l'un n'a pas un grain plus fin que l'autre; & c'est l'avantage que les aciers excellents doivent avoir, & qu'ils ont réellement sur les médiocres. Il n'est pourtant pas aisé de décider par les manieres ordinaires lequel des deux aciers a cet avantage; premierement, par la difficulté de chauffer deux morceaux d'acier également chauds; secondement, par la difficulté de casser ces deux morceaux d'acier dans l'endroit précisément, où ils étoient également chauds quand ils ont été trempés.

Pour sentir mieux en quoy consistent ces difficultés, & le défaut de l'essay ordinaire, on remar-

quera qu'un morceau d'acier qu'on fait chauffer n'a pas un égal degré de chaleur dans toute sa longueur ; que même , si on le chauffe par un bout , ce bout peut devenir fondant * , pendant que l'autre * Pl. 8. fig. 8. F.

trempe cet acier , qu'on le casse près de ce bout qui a été chauffé presque fondant * , on lui trouvera un gros grain ; qu'on le casse un peu plus loin , on lui trouvera un grain moins gros * , cassé plus loin , on lui trouvera peut-être un grain fin * ; & enfin cassé une quatrième fois dans un endroit encore plus éloigné du bout chaud , on arrivera à une cassure d'un grain beaucoup plus fin * . Si on traite de la même façon un autre morceau d'acier , qu'on veut comparer avec le précédent , on pourra peut-être décider laquelle des cassures de ces deux aciers a montré le le plus beau ; mais on ne sera pas en état de décider lequel des deux l'a réellement le plus beau grain. On aura lieu de douter si celui qui paroît avoir du dessous n'eût point eu l'avantage , si on l'eût cassé plus loin , ou si on l'eût cassé au milieu d'un des fragments qui a été fait par deux cassures , & ce doute est d'autant plus fondé que le plus fin de la grainure n'occupe quelques fois qu'une très - petite longueur du morceau d'acier.

Si on chauffe un morceau d'acier presque fondant par un bout , pendant que son autre bout est resté noir , on est sûr que cet acier a pris tous les différents degrés de chaleur qu'il peut prendre ; car depuis le bout fondant , qui est le plus grand

des termes de chaleur pour l'acier, jusqu'à l'autre bout les degrés de chaleur diminuent insensiblement, & on peut regarder la chaleur du bout qui est resté noir, comme nulle, parce qu'elle n'est pas capable d'y produire aucun effet. Si on trempe alors cet acier, on est donc sûr qu'on lui donnera tous les degrés de grainure qu'il peut prendre, puisque ces degrés varient comme ceux de chaleur. Pour avoir la suite complete de cette grainure, pour en voir toutes les dégradations, & pour être en état de la comparer avec celle d'un autre acier, il faudroit donc pouvoir casser cet acier selon sa longueur. On ne le peut quand on laisse l'acier dans l'état ordinaire, les coups le cassent en travers, & dans l'endroit où il a été le plus trempé, qui est celui où il est le plus foible.

Pour faire la comparaison que nous avons en vû le plus exactement qu'il est possible, tout se réduit donc à lever les difficultés qui empêchent qu'on ne casse un morceau d'acier tout du long de la partie trempée; Il y en a divers moyens, tous si simples que pour les trouver, il ne s'agissoit que de s'aviser de les chercher. On choisira des deux que je vais proposer, voici le premier. Je fais forger une lame de l'acier que je veux éprou-

* Pl. 8. fig.
10.

ver * plus ou moins épaisse & plus ou moins large à volonté; deux pouces de longueur lui suffisent, si elle en a cinq à six, elle n'en sera que plus commode. Je fais souder ensuite cette lame

* fig. 11.

d'acier sur une lame de fer * qui l'égale au moins

LE FER FORGE EN ACIER. 275

en longueur & en largeur, & qui la surpasse si l'on veut en épaisseur. Quand ces deux lames sont bien soudées l'une sur l'autre, je fais couper la lame de fer dans toute sa longueur avec un ciseau à couper à froid, jusqu'à l'acier; j'y fais creuser une entaille, une espee de rainure, de goutiere, qu'on élargit même un peu avec la lime *. Voilà à quoy se réduit toute la préparation, dont apparemment on prévoit déjà l'effet. Quand on a chauffé presque fondant un des bouts de cette bille, partie acier & partie fer, & qu'on l'a eu trempée, on peut la casser en deux selon sa longueur; on n'a plus à craindre qu'elle se casse en travers. Dans l'endroit où elle a été trempée le plus chaud, & où l'acier est le plus cassant, cet acier ne scauroit se casser en travers, parce qu'il est uni au fer, il fait corps avec lui; le fer, qui n'est point cassant, soutient l'acier. Il n'en est pas de même de la partie de la bille, où l'entaille a été creusée; tout du long de cette entaille, l'acier n'est plus soutenu par le fer, l'acier est donc cassable selon sa longueur, & ne l'est plus en travers. Si cependant on a donné plusieurs lignes d'épaisseur à la lame d'acier, & qu'on l'ait prise si longue qu'il y en ait eu une grande partie qui n'ait pas eu chaud, & qui par conséquent n'ait pas pris la trempe, l'acier sera lui-même difficile à casser vers cet endroit, parce que l'acier non trempé est peu cassant; on en viendra pourtant à bout en mettant dans les endroits de l'entaille qui résistent le plus, un gros

* fig. 13.
gbhiik.

272 L'ART DE CONVERTIR

* Pl. 8. fig. 14. 72. ciseau un peu mouffe, une efpece de coin *, fur lequel on frappera pour forcer l'acier à s'entrouvrir. Chacun des morceaux qui ont été ainfi séparés l'un de l'autre, montreront la fucceffion de tous les ordres de grainure *. La préparation même de l'expérience précédente eft un effay de l'acier ; on y apprend s'il fe foude bien avec le fer.

On peut encore s'y prendre d'une autre maniere plus aifée à executer que la précédente. On laiffera à un des côtés du morceau d'acier qu'on veut effayer toute fon épailfeur, plus ce côté fera épais & mieux ce fera. On applattira le côté opposé tout du long, ou pour donner une image de la figure que nous voulons faire prendre aux morceaux d'acier, on les forgera femblables à des lames de rasoirs *, à cela près que dans leur longueur, ils auront par tout une largeur égale : l'expérience réuffira d'autant mieux que le côté applati aura été rendu plus mince, ou que le côté opposé aura été tenu plus épais. On chauffera l'acier fondant par un bout, & on le trempera ; il ne reftera plus qu'à le caffer, ce qu'on fera en donnant de petits coups fur le bord mince, dont on détachera fucceffivement divers fragments jufqu'à ce qu'on l'ait caffé tout du long. Pour faciliter la caffure on peut même, avant que l'acier foit trempé, y couper une entaille tout du long de l'endroit où on le veut caffer *, ou au moins tout du long de la partie qui n'aura pas eu affés chaud pour devenir caffante par la trempe. Au

LE FER FORGE' EN ACIER. 273

Au moyen des cassures faites d'une des manieres que nous venons d'expliquer, on voit d'un coup d'œil la progression de toutes les differentes grainures qu'un acier peut prendre par tous les differents degres de chaleur qu'on peut lui donner ; on est en état de comparer le grain le plus fin d'un acier avec le grain le plus fin d'un autre. Les Ouvriers qui aiment à se conduire avec connoissance devroient avoir une provision de ces sortes de cassures , de chaque espece d'acier connuë dans le Royaume ; elles leurs serviroient d'étalons pour mesurer le degre de finesse des aciers qu'on leur voudroit vendre. Ces billes seroient pour eux , ce que les Touches faites d'or & d'argent , mêlés en differentes proportions , sont pour les Orfevres quand ils ont à décider sur le champ du titre d'un or qu'on leur presente. Ces cassures une fois faites serviroient à un Ouvrier pendant toute sa vie , pourvû qu'il eût l'attention de mettre les billes dans des lieux secs , & de les renfermer dans une boiste. J'en conserve depuis plusieurs années , dont les cassures sont presqu'aussi blanches , aussi brillantes qu'elles l'étoient dans l'instant qu'elles ont été faites ; mais j'ai eu la précaution de les mettre dans une boiste qui est elle-même dans une autre beaucoup plus grande & remplie de son.

Sans une sorte de justesse dans les yeux & même sans quelque habitude à voir l'acier , on auroit peine à décider lequel de deux aciers , dont les qualités ne sont pas extremement éloignées, a le grain

le plus fin ; nos cassures néanmoins mettent des yeux grossiers en état de prononcer ; elles donnent le moyen de mesurer au compas la finesse de ce metal. Pour entendre cette methode, & pour faire voir sur quoy elle est fondée, on observera que les différentes grainures qui paroissent sur les cassures, faites d'une des façons que nous venons d'expliquer, peuvent être réduites à quatre ordres de grains fort aisés à reconnoître. Le premier ordre n'a que de gros grains, blancs, brillants *, on n'y en apperçoit point d'autres, aussi le nommerons-nous l'ordre de grainure à grains blancs & brillants. Le second ordre de grainure est composé d'un mélange de grains blancs & brillants, & de grains ternes * ; les grains brillants y sont cependant moins gros que les premiers du premier ordre, nous le nommerons l'ordre des grains mêlés. Le troisième ordre n'a qu'une espece de grains qui sont tous fins, ternes, & souvent gris * ; ce troisième ordre est celui du grain fin. Enfin le quatrième ordre commence où la grainure précédente finit, on y retrouve des grains beaucoup plus gros ; mais qui, quoique ternes le sont moins que ceux de l'ordre précédent *. Ces grains sont mal terminés, ils ne semblent pas si détachés les uns des autres, ils sont, pour ainsi dire par trainées, c'est-là l'endroit où l'acier n'a pas eu assez chaud pour prendre la trempe. Nous n'avons donc affaire qu'aux trois premiers ordres de grainure ; les grains dont chacun d'eux sont composés ne sont pas dans tou-

* Pl. 8. fig.

15. 1.

Pl. 9. L. i.

Pl. 8. fig.

15. 1. 2.

Pl. 9. fig.

2. 3. 4. 5. 6.

* Pl. 8. fig.

15. 2. 3.

Pl. 9. fig.

2. 3. 4. 5.

* Pl. 8. fig.

15. 3. 4.

LE FER FORGE' EN ACIER. 275

te l'étenduë de chaque ordre de même grosseur , ils diminuent à mesure qu'ils approchent d'un autre ordre ; près de l'endroit où la grainure mêlée cesse, où celle du second ordre va commencer , les grains blancs & brillants sont moins gros, & même moins brillants que les premiers grains de ce premier ordre ; de même dans l'ordre des grains mêlés , il y a plus de grains blancs , & moins de gris vers l'endroit où il commence ; & vers celui où il finit , il y a au contraire plus de grains gris , que de blancs : aussi eussions-nous pû diviser cet ordre en deux autres , si nous n'avions craint de multiplier trop des divisions dont nous pouvons nous passer ; pour le troisième ordre il est composé de grains beaucoup plus uniformes.

Il suit de ce que nous venons de dire que les limites de chaque ordre ne sont pas coupées bien net , il faut les juger à peu près ; les Astronomes en usent ainsi quand ils ont à déterminer les limites de l'ombre & de la penombre d'une éclipse , & celles de la penombre & de la lumière ; mais nos limites peuvent toujours être déterminées autant exactement qu'on a besoin pour l'usage que nous en voulons faire. On les déterminera pourtant avec une sorte de précision , si on aide ses yeux d'une loupe forte. Quelques fois les premiers grains du quatrième ordre sont si fins qu'ils sembleroient être de ceux du troisième *, ou de ceux qui sont produits par la trempe , les regarde-t-on avec la loupe , sont-ils vûs plus gros , on reconnoît à ne

* Pl. 9. fig.
15. 34.

s'y pouvoir méprendre les différences qui sont entre eux & les grains de l'ordre qui précède.

De ces observations, qu'on pourroit nous passer quand elles n'auroient rapport qu'à la Physique de l'acier, & de celles que j'ai faites sur l'étendue qu'ont les différents ordres de grainure dans différents aciers, on peut tirer la règle que nous avons promise pour juger de la finesse de chaque acier. J'ai observé qu'à mesure qu'ils sont plus fins, l'étendue de l'ordre de la troisième grainure est plus grand, il a plus de longueur, par rapport à celui de la seconde: cette différence est assez considérable dans les aciers de qualités très-différentes pour qu'on ne doive pas craindre de s'y tromper en la mesurant; & pour qu'on n'ait pas lieu d'être inquiet sur ce qu'on aura mal limité les ordres. J'ai vû de mauvais acier de Nivernois, où la grainure du troisième ordre n'avoit pas la moitié de la longueur de celle du second ordre; j'ai vû au contraire des aciers fins, où l'étendue de la grainure du premier ordre étoit plus que double de l'étendue de la grainure du second ordre^{*}; par conséquent ces aciers fins avoient quatre à cinq fois, au moins, plus de grainure fine que les gros aciers.

Quand le grain fin des uns & des autres auroit même degré de finesse, & de dureté, ceux qui ont une plus grande étendue de grainure fine devroient être employés par préférence pour les outils qui demandent cette sorte de grain; il est plus aisé de le donner aux taillants des outils faits de pareils

* Pl. 9. fig.
6. 7.

aciers ; car dès que de deux aciers, l'un montre sur la cassure une plus longue étendue de la même grainure que l'autre, il suit de la façon dont nous avons chauffé ces aciers, qu'il y a un plus grand nombre de degrés de chaleur qui peuvent donner cette grainure au premier, qu'il n'y a de degrés de chaleur qui peuvent la donner au second. Or lorsqu'on fait chauffer un acier, forgé en outil, pour le tremper, & lui faire prendre par la trempe une certaine grainure déterminée, on est plus sûr de réussir à lui donner ce grain, si l'acier le prend avec différents degrés de chaleur que lorsqu'il ne la prendra qu'à un seul degré de chaleur. Ce degré de chaleur est difficile à saisir, & plus qu'on ne s'imagine. D'ailleurs on ne peut guère se promettre de l'avoir fait prendre à toutes les parties du taillant, celles qui auront été plus chaudes, auront une grainure différente de celle qu'on souhaitoit leur donner.

Enfin de deux cassures d'aciers dont l'un est plus fin que l'autre, & qui auront été chauffés également, & dans une égale étendue, la suite complète de toute la grainure sera plus longue dans l'acier le plus fin. Tout cela se déduiroit même naturellement de nos remarques sur la nature de l'acier ; les plus fins, qui prennent une plus grande quantité de grainure, & de grainure plus fine sont composés de parties plus déliées & plus chargées de soufres, & par conséquent de parties plus aisées à mettre en mouvement par ces deux considéra-

tions. Il n'y auroit rien de mieux que cette maniere de mesurer, pour ainsi dire, au compas la finesse des aciers, si l'exécution en étoit aussi simple qu'il seroit à desirer; mais elle demande bien de l'attention dans celui qui veut la mettre en pratique. Il faut que les aciers qu'on veut comparer soient chauffés au même degré dans une égale étendue, & il est bien mal-aisé d'y réussir avec le feu ordinaire de bois, & de charbon. Mais nous donnerons dans la suite de ce Memoire le moyen de lever cette difficulté, qui nous arrêtera encore lorsque nous aurons à éprouver le corps de l'acier.

Si l'acier qui a été cassé étoit épais, & a été plus chauffé d'un côté que de l'autre, dans le même endroit de la cassure on pourra trouver une grainure différente; mais on ne laissera pas de pouvoir suivre les mêmes ordres le long de chaque côté; l'arrangement de chaque ordre ne laissera pas de subsister.

Le gros grain, le premier ordre de grainure d'un acier, met au moins autant en état de juger de sa finesse que le grain fin. Les aciers qui prennent un grain plus fin que les autres dans le troisieme ordre, en prennent souvent un beaucoup plus gros dans le premier ordre. Mais ce qui est plus constant, c'est que les grains de ce premier ordre sont plus blancs, plus vifs, plus brillants dans le premier ordre de grainure des aciers fins, que dans le même ordre de grainure des aciers grossiers, ils

LE FER FORGE' EN ACIER. 279

y sont plus égaux ; dans ces derniers le premier ordre paroît mêlé de grains ternes. Les premiers grains du premier ordre d'un acier fin , sont quelquefois eux-mêmes ternes quand le bout de l'acier a été presque fondu , mais les grains suivans ont le plus vif éclat : toute la suite de la première grainure des gros aciers , est semblable au commencement de celle des aciers fins , chauffés presque fondants , & même plus terne. Il y a plus encore , c'est que dans les gros aciers , les grains de l'ordre que nous considérons , semblent quelquefois disposés par couches ; jamais il n'y a d'arrangemens pareils dans les mêmes grains des aciers fins.

Passons à présent aux moyens de reconnoître & de comparer les degrés de perfection de la seconde qualité de l'acier de sa dureté. Toutes les difficultés qui se présentent lorsqu'on veut juger des degrés de finesse , on les rencontre encore lorsqu'on veut juger des degrés de dureté : le même acier est plus ou moins dur , selon qu'il a été trempé plus ou moins chaud. Communément la dureté diminuë à mesure que le grain devient plus fin ; l'endroit où le grain est le plus gros , l'endroit où il a été trempé le plus chaud , est pour l'ordinaire le plus dur. Il y a pourtant quelques fois des variétés sur cela , & ces variétés suffiroient pour embarrasser ceux qui ont besoin de décider de l'endroit où une sorte d'acier prend le plus de dureté par la trempe ; mais ce qu'on n'a pas cher-

ché à déterminer, & ce qui est pourtant de conséquence, c'est lequel des deux aciers trempés au même degré de chaleur est le plus dur. On n'a absolument aucune règle là-dessus. Nos cassures fournissent encore le moyen d'avoir sur cet article des règles aussi précises qu'on les puisse souhaiter &, ce qui est de commode, indépendantes de la difficulté qu'il y a à chauffer également les aciers qu'on veut comparer. Quand on veut sçavoir à quel degré de chaleur un acier étant trempé, il prend le plus de dureté, il ne s'agit que de sçavoir à quel degré, à quel ordre de grain il est le plus dur, car les différents ordres de grainure sont proportionnés aux différents degrés de trempé. De même pour comparer la dureté de deux différents aciers, il ne s'agit que de comparer les duretés qu'ils ont chacun dans leurs différents ordres de grains, & cette comparaison se fait aisément sur nos cassures.

Les Ouvriers n'ont que deux termes de dureté qu'ils puissent assigner; celui où la lime mord, & celui où elle ne mord point. Ces deux termes ne donnent pas, à beaucoup près, la connoissance des degrés de dureté dont différents aciers sont susceptibles; il n'en est presque point, ou plutôt il n'en est point qui étant trempés à une certaine chaleur ne résistent à la lime. Il faut donc avoir des limes qui aient plus de degrés de dureté différents que n'en ont les limes ordinaires; plusieurs sortes de pierres ou de matières dures sont
pour

LE FER FORGE' EN ACIER. 281

pour moy ces limes ; j'en employe de sept sortes. La premiere est le verre dont la dureté est au dessous de celle des limes ordinaires. La seconde est le cristal de Roche le plus tendre. La troisieme sont des morceaux de cailloux transparents & durs, tels que sont les cailloux de Medoc. La quatrieme sont des morceaux d'Agathe, ou des especes de pierres à facettes qu'on trouve auprès de Perpignan. La cinquieme, sont des morceaux de Jaspe Oriental. La sixieme est la Topase d'Orient, ou quelque autre des pierres Orientales transparentes comme le Saphir. Enfin le diamant est la septieme. Je ne donne ces pierres que comme un exemple, chacun en peut choisir d'autres à son gré, en augmenter ou en diminuer le nombre selon qu'on voudra pousser plus ou moins loin ces épreuves ; pourvû que les pierres different de dureté entre elles il n'importe ; après le verre on peut mettre la lime ordinaire, on peut aussi donner place à l'Esmeri entre les pierres d'essais.

Au moyen de ces limes de differentes especes, au moyen de nos differentes pierres, & de nos cassures qui ont tous les ordres de grains, nous sommes en état d'éprouver & de comparer la dureté des aciers avec précision. Il ne s'agit que de tâter avec quelles pierres on peut faire impression sur chaque ordre de grains, le rayer. Ce n'est pas sur la cassure même qu'on fera l'essay, mais sur une des surfaces plates de la lame, tout auprès du bord de la cassure : quelques exemples mettront au fait

de cette methode. Si je tâche, & que je vienne à bout, de faire une raye avec le verre, ou la lime sur le troisiéme ordre de grainure d'un acier, sur la grainure la plus fine, j'en conclus que cet acier n'a pas assés de durezza dans l'endroit où il y a le grain fin; qu'on n'en sçauroit faire aucun outil dur avec le degré de trempe qui lui donne ce grain; sur tout lorsque j'ai vû que d'autres aciers ne sçauoient être rayés dans le même ordre de grainure même par l'Esmeri. Si j'ai besoin de faire des outils d'une très-grande durezza, & à qui la finesse du grain importe moins, & que j'aie trouvé que le second ordre de grainure d'un acier ne peut être rayé par l'Agathe ou le Jaspe, pendant que le même ordre de grainure dans divers autres aciers, sera rayé par le Cristal, ou le Caillou de Medoc, je prendrai par préférence l'acier qui a résisté à l'Agathe. Enfin si j'ai besoin d'outils extraordinairement durs, lorsque j'aurai trouvé par mes essais un acier, comme il y en a, dont le premier ordre de grainure résiste à la Topaze orientale, quoyque d'autres aciers, dans le même endroit, puissent être rayés par la Jaspe, ou même par le Caillou, je choisirai l'acier que j'ai reconnu avoir résisté à la Topaze. En voilà assés pour voir comment on peut comparer les differents degrés de durezza de differents aciers, & les avantages qu'on peut tirer de cette comparaison.

La même methode donne encore le moyen de

découvrir de quelle façon les deux propriétés essentielles, que nous examinons, se combinent dans un acier. Si mes essais, par exemple, m'apprennent que le grain fin a autant, ou presque autant de dureté que le grain mêlé, ou le grain du second ordre. Comme le grain fin est de lui-même un avantage, & qu'il est outre cela joint à celui du corps, on ne donnera aux outils de cet acier, que la trempe où il prend le grain fin. Si au contraire l'acier qu'on veut employer a une dureté beaucoup plus considérable dans son grain mêlé, que dans son grain fin, & que son grain mêlé ne soit pas extrêmement gros, on donnera à l'outil fait de cet acier la trempe qui lui fait prendre le grain mêlé. Si on reconnoît que le grain blanc d'un acier n'est pas considérablement plus dur que le grain mêlé, quoyqu'on ait besoin de faire de cet acier un outil extrêmement dur, on ne le trempera qu'au degré de chaleur qui donne le grain mêlé.

Des trois qualités essentielles de l'acier, le corps est celle dont la mesure, pour être soumise à des règles, demande plus de préparatifs. Nous avons défini le degré de souplesse, ou le degré de moindre roideur, qui reste à un acier trempé. Pour décider lequel de deux aciers a le plus de corps, tout se réduit, à la vérité, à pouvoir juger lequel de deux aciers de mêmes dimensions en tous sens, & trempés, aiant le même degré de chaleur, lequel, dis-je pourra se laisser plier da-

vantage : mais cela suppose aussi deux difficultés, la première est de donner précisément les mêmes dimensions à deux morceaux d'acier, & la seconde de les chauffer l'un & l'autre à un degré de chaleur égal. Ces deux difficultés levées, il ne restera plus qu'à avoir une manière régulière de les plier, & qui permette de mesurer les plis, ce qui n'est pas mal-aisé.

Pour avoir deux morceaux d'acier bien égaux en tous sens, je ne sçai qu'un moyen sur, c'est de les faire tirer à la filière. On sera suffisamment certain de leur calibre, dès qu'on les aura fait passer plusieurs fois par les mêmes trous. On pourroit en forger dans des étampes, ou encore les travailler à la lime, & mesurer leur épaisseur, mais tout cela n'approcheroit pas de la précision de la filière, & seroit beaucoup plus long.

Supposons donc que nous avons fait réduire en fils de même diamètre les aciers dont nous avons envie de comparer le corps ; la grande difficulté qui paroîtra rester sera de les chauffer l'un & l'autre dans toute leur longueur à un même degré pour les tremper. Elle seroit même une difficulté insurmontable, s'il falloit les mettre immédiatement sur les charbons, comme on le pratique ordinairement. L'ardeur du feu n'agira jamais également sur les deux morceaux d'acier, ni même sur toute la longueur de chacun de ces morceaux ; les charbons sont inégalement distribués, & le vent souffle inégalement sur ces charbons. Pour

LE FER FORGE' EN ACIER. 283

les chauffer avec une égalité parfaite, il faut qu'ils soient entourés l'un & l'autre, & dans toute leur longueur d'une égale quantité de matiere également chaude. C'est ce qui m'a fait penser à les faire chauffer au milieu du plomb fondu. J'ai d'abord pris un creuset rond * précisément cylindrique, semblable à ceux dont nous avons parlé^{12.} pour les essais en petit, mais d'un diametre bien moindre; afin de n'être pas obligé de faire fondre une plus grande quantité de plomb, que l'expérience ne le demandoit; la longueur du creuset étoit de huit, à neuf pouces, c'est-à-dire, de quelques pouces de plus que le fil d'acier, dont je voulois éprouver le corps. On ne commence pas par penser à tout. Il y a ici un inconvenient, c'est que si l'on tient le plomb long-temps en fusion, pour peu que le creuset soit d'une terre poreuse, on perd une partie de ce metal; il traverse les parois du creuset, il les imbibe, & dégoute ensuite. Une espece de creuset plus commode pour les Ouvriers en fer sera un canon de pistolet, ou un morceau de canon de fusil. * Il faut pourtant que ce canon soit bien soudé par tout, qu'il n'ait aucunes fistules, quelque peu qu'il y ait de jour à s'ouvrir des passages, le plomb le trouvera, on le verra tomber par gouttes plus ou moins grosses, selon la grandeur des issues qu'il se fera faites. Après tout on ne risquera pas de grands frais, on a le temps de faire bien des expériences, telles que nous les proposons ici, avant qu'un quarte-

* Pl. 9. fig.

^{12.}

* Pl. 9.

ron de plomb soit passé au travers de notre petit creuset de fer.

Si on veut se servir de creusets de terre au lieu d'y faire fondre du plomb, on pourra y faire fondre de l'étain, il ne passera pas au travers des parois avec la même facilité à beaucoup près.

Soit qu'on ait fondu du plomb, ou de l'étain, soit qu'on ait choisi un creuset de terre, ou un morceau de canon de fusil, on ne se contentera pas de rendre le metal fluide, on lui fera prendre le plus grand degré de chaleur que la forge pourra lui donner. On plongera, & on tiendra plongés, dans ce plomb en bain, les fils d'acier qu'on a préparés; étant tous entourés de même matiere & également chaude, les fils égaux y prendront un égal degré de chaleur; qu'on les y laisse quel temps on voudra, pourvû qu'on les retire ensemble, & qu'on les trempe en même-temps dans l'eau froide, ils auront été tous trempés au même point.

Ces fils, ou tous autres morceaux d'acier, étant tenus dans le plomb où l'étain fondu, pendant un certain temps, il y a lieu de croire qu'on donnera à l'acier toute la chaleur qu'il peut prendre dans ce fluide metallique, & que ce degré fera un degré de chaleur constant, un degré de chaleur déterminé; qui dans quelques circonstances, dont nous parlerons dans la suite, pourra être pris par un degré de chaleur fixe. Une des plus curieuses

expériences de la nouvelle Physique est celle de M. Amontons, qui a observé que l'eau venuë au point de bouïllir a acquis le plus grand degré de chaleur où elle peut parvenir ; on a beau pousser le feu , il ne peut rien lui donner de plus. Le plomb ou l'étain qui viennent de commencer à se fondre , peuvent être regardés comme l'eau qui vient de se degeler : la chaleur où peuvent arriver ces fluides metalliques est considérablement plus grande que celle de l'eau bouïllante , mais probablement c'est un degré de chaleur déterminé, qui a ses bornes comme le degré de chaleur de l'eau bouïllante a les siennes ; & on l'a fait prendre, ce degré de chaleur, au plomb, ou à l'étain, quand on a poussé le feu aussi violemment qu'on le peut, & peut-être bien auparavant. Ce que nous venons de dire du plomb & de l'étain est probable aussi de tous les fluides metalliques ; il y a apparemment un terme , où quand ils sont parvenus le feu ordinaire n'ajoute plus à leur chaleur , & ce terme est vraisemblablement different en differents metaux. Il seroit curieux de le connoître & de sçavoir quel rapport ont entre eux les plus grands degrés de chaleur dont les metaux, tous les fluides , & même les autres corps sont susceptibles, & quels rapports ont ces plus grands degrés de chaleur avec la pesanteur spécifique de ces corps, & avec la difficulté qu'on trouve à les mettre en fusion ; j'ai fait autrefois bien des expériences sur cette matiere , mais je

n'en ai pas fait à beaucoup près assés pour m'éclaircir.

Ce qui paroît bien sûr, c'est que differents metaux sont susceptibles d'un plus grand degré de chaleur, qu'ils ont chacun un *maximum* de chaleur different. Pour preuve, faites fondre dans un creuset du plomb; faites fondre dans un autre pareil creuset même quantité de fonte de fer, poussez-le plus loin qu'il sera possible le degré de chaleur de ces deux fluides metalliques, & plongez dans chacun un morceau de fer égal. Le bout de celui qui aura été plongé dans la fonte de fer prendra la couleur la plus blanche que le fer puisse prendre au feu, si même on n'y a plongé qu'un fil de fer, ce fil de fer s'y fondra: au lieu que le fil de fer qui aura été mis dans le plomb, ou dans l'étain ne s'y fondra point.

Comme nous nous servons du plomb pour chauffer également les aciers dont nous voulons éprouver le corps, de même pour chauffer également les aciers dont on veut voir avec précision la suite des differents ordres de grainures, on se servira de fonte de fer. Pour ce qui est de cette maniere on la mettra dans des creusets ordinaires; elle n'a pas besoin d'un creuset de fer comme le plomb. Et c'est-là la maniere que nous avons promise comme sure pour chauffer également les aciers dont on veut comparer les differents ordres de grainure.

Mais pour revenir à nôtre essai du corps de l'acier,

cier, les fils qui sont de même grosseur & longueur, plongés dans le plomb fondu, ou l'étain fondu, ou, si l'on veut, même dans la fonte de fer, qui ont été retirés en même-temps, & ensuite trempés, ont été trempés aussi également qu'il est possible; si l'un des deux est plus flexible que l'autre, il a plus de corps. On peut imaginer bien des moyens de mesurer leur flexibilité; celui dont je me suis le plus servi demande la construction d'une petite machine *; elle est composée d'une platine de cuivre * ou de fer, placée horizontalement * & arrêtée par des vis sur une piece de fer pliée deux fois en équerre. Nous ne donnons point les mesures des différentes pieces de cette machine, elles sont assés arbitraires, & avec l'échelle de la pl. 10. on trouvera toutes les dimensions de celle que j'ai fait faire. A un des bouts de la platine, il y a un petit étau * fixé contre la même piece qui porte cette platine; l'usage de cet étau est de tenir serré un des bouts du fil d'acier dont on veut éprouver le corps. Les deux branches de la piece recoudée, qui porte la platine; sont prolongées par de-là cette platine; soit qu'elles aient été recoudées près de leur bout, soit qu'on y ait rapporté une autre petite piece, ce bout est plus élevé que le reste, & percé par un trou quarré *; il a une espece de lunette pareille à celle de quelques Tours: ces deux lunettes, ou ouvertures reçoivent une piece de fer forgée quarrément * & plus longue que la platine; elle peut aller & ve-

* Pl. 10.

fig. 1. BB.

* fig. 1. C.

* fig. D. D.

* fig. 1. E.

nir dans les lunettes. Cette piece est renflée vers le milieu & cela parce qu'elle y est percée d'un trou taillé en écrou, dans lequel est engagée une
 * F. G. longue & grosse vis *: une des branches, qui reçoit la piece qui porte la grosse vis, est encore percée en
 * L. dessus par un écrou dans lequel est une petite vis *, qui étant serrée, arrête fixement cette piece; or comme cette piece peut se mouvoir quand on le veut, dans les lunettes, il est clair qu'on peut tenir la grosse vis plus ou moins éloignée de l'étau.

L'usage de cette machine est simple. On gese
 * N. O. dans l'étau un des bouts du fil de fer * qui a été trempé, aiant attention de poser le fil horizontalement, & qu'il soit à la hauteur de la vis. La vis étant tournée jusqu'à ce qu'elle touche ce fil, si on continuë à la tourner davantage, elle poussera le fil devant soi. Elle contraindra le fil à se plier, & enfin si on continuë à faire avancer la vis jusqu'à un certain point, le fil, dont la flexibilité a été poussée à bout, se cassera.

On remarquera sur la platine l'endroit jusqu'auquel la vis étoit avancée quand le fil s'est rompu. Pour le remarquer plus commodement, cette platine peut être divisée en autant de parties qu'on voudra par des lignes perpendiculaires à la direction de la vis. Qu'on ôte de l'étau le fil d'acier qui s'y est rompu; qu'on en mette un autre en sa place; que la vis le force à se plier peu à peu; qu'on observe encore où étoit la vis lorsqu'il s'est cassé: le plus flexible de ces deux fils, celui qui avoit

LE FER FORGE' EN ACIER. 291

le plus de corps est celui qui avant de se casser a permis à la vis d'avancer davantage. La difference des espaces donnera une mesure de la flexibilité, ou du corps de l'acier.

Nous avertirons que le bout de la grosse vis * doit être percé comme celui d'une clef, & qu'il faut avoir une petite piece dont la tige soit ronde, & puisse entrer dans ce trou *, & y tourner librement; & qu'en dehors dela vis, cette tige se doit terminer par une petite fourche dans laquelle on met le fil de fer; autrement il seroit difficile à la vis de pousser le fil devant elle, il s'échapperoit par dessus ou par dessous. * G. * H.

Au lieu de graduer la platine, il sera encore plus commode d'avoir une petite regle graduée, & mobile sur la platine. Une piece de fer recourbée, de façon que ses deux parties soient parallèles l'une à l'autre, servira à faire cette regle *, il ne restera de distance entre les deux parties, qu'un peu plus que la platine a d'épaisseur. La platine entrera librement dans l'intervale qui est entre ces deux parties; celle de dessous aura une vis * qui étant serrée fixera la regle où on aura jugé à propos de la placer. La partie supérieure, qui est à proprement parler la regle, sera divisée de ligne en ligne, ou de plus près en plus près, si on le souhaite. * fig. 1. K, L. * Fig. 2. M.

Voici l'usage de cette petite regle. Le fil de fer à essayer étant en place, c'est-à-dire, gésné par un bout entre les machoires de l'étau, & aiant son

autre bout dans la petite fourche de la grosse vis ; on approchera & on assujettira le bout de la regle tout près du bout de la branche inférieure de la fourchette ; on tournera la grosse vis doucement , & à mesure qu'on la tournera , on verra à quel endroit de la regle correspond le bout de la branche inférieure de la fourchette : dans l'instant que le fil se cassera , on cessera de tourner la vis ; & on remarquera la division de la regle où étoit parvenu un bout de la fourchette , lorsque le fil s'est cassé. Qu'il fût arrivé , par exemple , à la huitième ligne , à la huitième division ; & que quand un autre fil se cassera , que le bout de la même branche n'ait avancé que jusqu'à la sixième division ; on voit alors que le premier est d'un acier qui avoit plus de corps.

Les fils qu'on mettra dans la machine ne seront pas toujours aussi droits qu'on le souhaiteroit , souvent ils se voilent à la trempe. Plus ils seront courts , moins ils seront exposés à se voiler ; mais aussi moins ils se plieront avant de se casser. Cependant il est rare qu'ils se voilent assez pour empêcher de juger suffisamment du succès de l'expérience.

Après avoir comparé le corps de deux aciers , on ne manquera pas de comparer encore leur grain : car si celui qui a le plus de corps se trouve avoir en même temps un plus gros grain , c'est une marque qu'il auroit beaucoup plus de corps , si on le trempoit moins chaud , pour lui donner la grainure

de l'autre. On feroit un raisonnement contraire, si l'acier qui a cassé plus près du bout de la règle, a le grain le plus gros ; en le trempant moins chaud, on pourra lui donner plus de corps, & la grainure du premier.

On pourroit encore avoir par des poids la mesure du corps, de la flexibilité. L'ouverture que nous venons de proposer suffit sans que nous donnions de desseins, ni même d'explication, de la façon dont on attacherait à l'acier la corde qui passeroit ensuite sur une petite poulie, & seroit chargée a son autre bout de poids qu'on augmenteroit au point nécessaire.

Les faiseurs de ressorts de montres & de pendules ont plus besoin qu'aucuns autres Ouvriers d'avoir des aciers qui aient du corps. Ils leurs donnent des recuits dont il n'est pas encore temps de parler. Ils doivent rouler ces aciers ; ceux qui n'ont pas de corps ne se laissent pas rouler. On pourroit éprouver le corps des aciers d'une façon qui revient à leur maniere de travailler ; avoir de petites roües creuses de differents diametres, des especes d'anneaux *. L'acier qui se laisse * pl. 9. fig. 14. & 15. roit tourner sur l'anneau du moindre diamettre, seroit celui qui auroit le plus de corps ; mais alors il faudroit que l'acier fût forgé en lames minces, ou tiré en fil fin, autrement il n'auroit pas assez de flexibilité pour soutenir l'épreuve. On arrêteroit un bout de la lame, ou du fil sur l'anneau avec une vis *, & on tâcheroit d'appliquer le reste de * fig. 15. a2.

l'acier sur la circonférence de l'anneau, soit à la main, soit avec un petit crochet *.

* b, d. Ces façons d'éprouver le corps de l'acier sont à la vérité les plus exactes qu'on puisse souhaiter, mais elles demandent un peu trop d'appareil pour être pratiquées ordinairement. Je doute qu'on aille jusqu'où elles montrent qu'on peut aller. Du moins ne peut-on guère se promettre que le commun des Ouvriers y auront recours; ceux qui mettent l'acier en œuvre ne sont point pourvus des machines nécessaires pour le tirer en fil, & quoique ce travail soit fort simple, ils pourroient y être embarrassés. Il leur faudroit une filiere, & quelque chose d'équivalent au *banc* des Orfèvres, ils y pourroient aussi employer de petits crics pareils à ceux de M. Dalešme décrits dans les *Memoires de l'Academie* de 1717.

Au défaut de ces methodes précises, on peut recourir à une plus grossiere, qui ne laisse pourtant pas d'être bonne, & qui donne le moyen d'éprouver la dureté de l'acier, en même-temps qu'on éprouve son corps. Les Ouvriers ne connoissent guère d'autre sorte d'épreuve que celle dont nous voulons parler, nous y ferons quelques additions qui ne lui seront pas inutiles. Pour essayer un acier, on en forge un ciseau à couper à froid. On forge ce ciseau ou de pur acier, ou, ce qui suffit, on acere seulement le bout de ce ciseau. On trempe ce ciseau, & on remarque à quel degré de chaleur, à quelle couleur on l'a trempé. On es-

LE FER FORGE' EN ACIER. 225

faye ensuite si ce ciseau peut couper le fer à froid ; s'il refoule , on le chauffe , & on le trempe plus chaud ; la premiere trempe ne lui avoit pas donné la dureté nécessaire. Si après la seconde trempe , il s'égraine , elle ne lui laisse pas assés de corps : on cherche à le tremper dans un degré moyen entre les deux précédents ; si on n'en trouve aucun où cet acier ne pêche par l'une des deux extremités ; sçavoir ou de refouler , ou de s'égrainer , c'est une preuve sûre que cet acier ne sçauroit avoir assés de corps quand il a beaucoup de dureté. Au lieu de tremper à des degrés de chaleur plus foibles , on lui donne aussi des recuits ; mais ce n'est pas ici le temps de parler de ces recuits.

Si le ciseau résiste à couper le fer à froid , on peut le lui faire couper de deux manieres différentes ; sçavoir ou obliquement , ou perpendiculairement *. * pl. 9. fig.
 Quand on le lui fait couper obliquement *, on l'ap- 17.
 puye ordinairement sur l'arrête de la barre qu'on * m.
 veut couper ; on en enleve des coupeaux , comme on en enleveroit d'un morceau de bois ; on les prend minces d'abord & ensuite plus épais , c'est-à-dire , qu'on tient le ciseau tantôt plus & tantôt moins incliné , & qu'on frappe dessus , plus ou moins fort selon la grosseur du coupeau qu'on veut emporter. La coupure du fer , l'endroit d'où le coupeau a été détaché * , donne elle-même à * m.
 connoître la dureté de l'acier. Plus les aciers sont durs , plus les coupures sont nettes , vives & brillantes. On juge favorablement de l'acier , s'il en-

leve de gros coupeaux sans s'égrainer, sans se casser. Si pourtant l'acier s'égraine, le jugement qu'on porteroit contre lui ne sera pas aussi sûr; si la main qui tient le ciseau chancelle pendant qu'on frappe, le tranchant, qui avoit assés de corps, ne laissera pas de se casser.

Cette sorte d'épreuve ne donne aucun terme de comparaison, elle ne sçauroit apprendre si un acier l'emporte sur un autre. Voici de quoy la rendre plus précise; je fais forger une lame d'acier du plus mauvais, du moins dur*; je la trempe foiblement par un des bouts*; je la divise en plusieurs parties, comme une regle; elle est la mesure de la dureté & du corps des aciers. Après avoir fait forger un ciseau d'acier, je lui fais donner successivement divers degrés de trempes, de recuits, & donner aussi diverses épaisseurs à son taillant. J'éprouve ensuite, après chaque opération, jusqu'à quel endroit, jusqu'à quelle division, & quelle partie de cette division, mon ciseau peut couper l'acier trempé sans s'égrainer; quand j'ai trouvé le terme par de-là lequel je ne puis lui donner de prise sur l'acier, je le marque. Supposons que notre ciseau n'a pû faire d'impression par de-là la troisième ligne. Je fais forger un pareil ciseau d'un autre acier, & après avoir essayé les trempes & recuits qui lui donnent le plus de dureté & de corps, si je parviens à faire couper ce second ciseau jusqu'auprès de la deuxième division, je connois que cet acier a plus de corps que l'autre

* Pl. 9. fig.

26.

* b.

l'autre & probablement plus de dureté.

Il y a peu de ciseaux d'acier qui puissent couper un autre acier trempé, même à l'ordre de sa grainure fine; pour que toutes sortes d'aciers puissent être éprouvés, il leur faut opposer quelque chose de moins dur, pour cela j'ai une lame d'un fer naturellement dur, dont un des bouts a été chauffé & trempé presque fondant. Tout acier ne peut pas mordre sur ce bout, ni même à quelque distance de ce bout. De sorte que je puis graduer & que je graduë cette barre de fer, pour comparer les qualités de différents aciers.

Au lieu de se servir d'un marteau, on pourroit frapper sur le ciseau, posé verticalement, par le moyen d'un poids qui tomberoit d'une certaine hauteur fixe, & dans une direction constante; cela s'exécutoit aisément en se servant d'une machine pareille à celle avec laquelle les Epingliers frappent les têtes des épingles, & ce seroit, à mon avis, un bon moyen de reconnoître les aciers les plus propres à faire des taillants très-vifs. Je suppose qu'on eût donné à des ciseaux, faits de différents aciers qu'on veut éprouver, la même largeur & à peu près le même angle, qu'on leur fit couper du fer, ou même du bois ou quelque autre matière; il est clair que le ciseau le plus tranchant seroit celui, qui frappé par un nombre de coups moindre, auroit coupé une partie d'une égale ou plus grande épaisseur. Que l'un n'eût coupé qu'après trente coups, ce que l'autre auroit

coupé après vingt , on jugeroit du rapport qui est entre les aciers dont ces ciseaux sont faits. Mais dans l'état où sont les arts, tant qu'on ne cherchera pas à entretenir une noble émulation entre les Ouvriers, tant qu'on négligera de récompenser ceux qui se distinguent dans leur profession, il ne faut pas se promettre qu'ils s'attacheront à de pareilles recherches, & qu'ils feront quelque chose avec précision.

Outre les veines de fer qui peuvent se trouver dans l'acier, il peut se trouver d'autres inégalités dans sa tiffure qui ne seroient pas si aisées à reconnoître. Nous avons vû qu'il y en a de plus ou moins fins, de plus ou moins durs les uns que les autres. Ces différences, que nous n'avons considérées qu'en différents aciers, peuvent se trouver dans la tiffure d'un même acier, & le rendre défectueux. La meilleure methode que je sçache pour reconnoître si un acier est partout de même qualité, c'est d'en faire travailler un morceau au tour, en faire un cylindre plus ou moins long, & plus ou moins gros à volonté. Les Horlogers sont souvent obligés d'en tourner pour faire des arbres de rouës & de pignons, &c. Ils éprouvent qu'il y a des aciers dont la tiffure n'est pas égale, le burin mord davantage dans les endroits moins durs, les creuse plus que le reste. Au lieu que nos autres épreuves sont sur les aciers trempés, celle-ci se fait sur des aciers qui ne le sont pas.

LE FER FORGE' EN ACIER. 299

En general on peut aussi porter quelques jugements sur la qualité des aciers non trempés, en examinant leurs cassures ; Je voudrois qu'un Ouvrier attentif fût muni de toutes les cassures des especes d'acier non trempé, comme d'acier trempé. Ce que les cassures de l'acier non trempé font connoître le plus distinctement, c'est si l'acier a des grains, ou lames de fer, pour peu qu'il en ait ils paroissent avec un brillant qui les fait reconnoître parmi les autres grains. Ces lames de fer lorsqu'elles sont dispersées par-ci par-là ne sont pas si sensibles dans l'acier trempé ; on ne sçauroit les distinguer dans l'ordre des grains blancs ; dans celui des grains mêlés, on ne sçait pas sûrement s'ils ne viennent pas du mélange ; & si on les voit dans l'ordre des grains fins, on peut quelquefois douter si ce n'est pas un reste de grain mêlé.

Ce que j'ai observé encore sur les cassures des aciers non trempés & bien recuits, c'est que plus les grains de ces cassures sont fins, & plus ils sont gris, & plus les aciers sont difficiles à travailler ; ceux dont les grains sont plus gros se laissent employer plus facilement. Il en est de même de ceux, dont la couleur est moins terne.

J'ai crû pouvoir comparer la dureré de deux aciers differents après les avoir fait forger dans des étampes, où je leur avois fait donner la figure de prismes qui avoient pour base des triangles rectangles égaux. Il me sembloit qu'en posant l'angle droit de

Pl. 10. fig.
3.

l'un sur l'angle droit de l'autre *, & frappant ensuite sur le supérieur, que le plus dur des deux aciers devoit entailler l'autre : mais ordinairement je les ai trouvés entaillés tous deux. Le coup n'est pas aussi instantanée qu'il le paroît, le prisme supérieur parcourt un chemin ; si d'abord il a forcé les parties du prisme inférieur à céder, ou à se casser, après que le tranchant de l'angle inférieur a cédé, ou a été cassé, il est plus épais, & en état de faire céder à son tour, ou de casser le tranchant de l'angle supérieur. Il en seroit arrivé de même si l'angle supérieur eût cédé le premier. Je ne parle de cette expérience qu'afin que ceux dans l'idée de qui elle viendrait, comme elle m'est venue, puissent s'en épargner la peine.

L'explication des planches, qu'on a fait, à dessein, très-détaillée aidera encore à éclaircir ce qui peut rester d'obscur dans les vûes que nous avons proposées pour reconnoître les qualités des aciers, & comparer celles d'aciers différents.



Explication de la huitième planche.

L *A fig. 1. est une bille d'acier intraitable, sa surface est toute remplie de gersures.*

La fig. 2. est une autre bille d'acier gersueux, mais qui l'est moins que le précédent. Ici les gersures sont principalement sur les angles, comme en A. Quelquefois les gersures sont si fines, qu'il faut y regarder de près pour les appercevoir.

La fig. 3. est un morceau d'acier dont on a recourbé la partie D B pour la ramener sur D C. Cet acier étant de mauvaise qualité, peu propre à se laisser travailler, s'est cassé en partie dans le coude D; quoiqu'il fût chaud quand on la replié.

Les fig. 4, 5, 6, 7. sont des cassures de différentes billes d'acier sur chacune desquelles il y a une de ces taches appelées roses. La rose de chaque bille a une couleur & une figure différente.

La fig. 8 est une petite bille d'acier, dont le bout F a été étiré en pointe; & ensuite chauffé & trempé. Si on frappe sur le gros bout L, on casse la pointe F G. Dans la même figure, M marqué de ces fentes appelées pailles, qui sont des parties mal soudées avec le reste, & qui quelques fois peuvent être enlevées, quand elles sont minces.

La fig. 9. est composée des morceaux séparés fg, gh, hi, ik. Ce sont différents morceaux d'acier qu'on suppose avoir été faits en frappant sur la fig. 8. qui a été

cassée successivement en G, H, I, K. il faut supposer que la pointe avoit été chauffée presque fondante pendant que le bout L étoit resté presque froid, ou n'avoit pas pris de couleur; au moyen de quoy les cassures les plus proches de F ont des grains plus gros que celles qui ont été faites plus loin. ce qu'on peut remarquer en g h, h i, i k.

La fig. 10. est une lame d'acier qui a été forgée pour être soudée sur une lame de fer, & cela pour pouvoir ensuite casser la lame d'acier, de façon que la cassure montre la suite de tous les ordres de grains.

La fig. 11. est la lame de fer.

La fig. 12. représente ces lames soudées en partie l'une sur l'autre. Elles sont entièrement soudées en a a, & jusqu'en b. d b a, est la lame de fer. c b a la lame d'acier. d e, est la ligne suivant laquelle la lame de fer doit être entaillée après qu'elle aura été soudée.

La fig. 13 fait voir la pièce toute préparée. g h h, i i k, est l'entaille qui a été creusée dans le fer; ce qui reste par de-là l'entaille est acier. Il ne s'agit plus que de chauffer un bout de cette pièce fondant, & le tremper; après quoy on sera en état de la casser en long.

La fig. 14. est la pièce précédente, qu'on a déjà cassé en partie sçavoir en l l, & qu'au moyen du ciseau n, on force de s'entrouvrir en m m, & aux environs.

La fig. 15. est une des moitiés, venue de la division de la pièce précédente. La surface p q s s est celle du fer qui a été coupé par le ciseau, ou la lime qui a fait l'entaille. o p q r est la cassure de l'acier sur laquelle on trouve la suite des différents ordres de grainure. o, 1, est le premier ordre; l'ordre de la grainure à gros grains. 1, 2 le second or-

fig. 1.



fig. 2.



fig. 3.

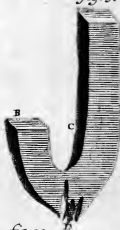


fig. 4.

pl. 2. pag. 202.

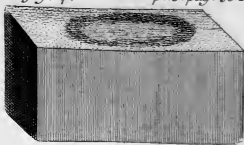


fig. 5.

fig. 6.



fig. 10.



fig. 11.



fig. 12.



fig. 13.



fig. 7.



fig. 8.



fig. 14.



fig. 15.



dre de grainure, l'ordre des grains mêlés; 2, 3 le troisième ordre, l'ordre des grains fins: 3, 4 & tout ce qui suit est le grain qu'a l'espece d'acier représenté ici, lorsqu'il n'a pas pris la trempe, le quatrième ordre de grainure. La partie o, u est composée de grains moins blancs, & moins brillants que ceux qui suivent dans le même ordre, & cela parce que le bout a été chauffé presque fondant.

Explication de la neuvième planche.

L A fig. 1 est une lame d'acier forgée en rasoir, afin qu'on la puisse casser aisément en long. A A le dos beaucoup plus épais que le reste. B C entaille faite avec le ciseau suivant la ligne où l'on veut casser cette lame. Si le bout C est celui qui ne doit pas prendre la trempe, on y creuse plus l'entaille que vers B.

La fig. 2. est la lame précédente qui a été cassée tout du long de l'entaille B C. Sur la cassure D E paroissent les differents ordres de grainure. Cet acier est un acier grossier, de très-mauvaise qualité. Sa grainure du premier ordre, 1, 2, n'est pas aussi blanche, aussi vive que celle de quelques autres aciers; mais ce qui y est plus à remarquer, c'est que les grains y semblent arrangés par couches parallèles, ce qui y dénote du fer. Ces couches sont encore plus sensibles dans le second ordre de grainure 1, 2. On y voit des especes de fibres qui sont pur fer. Ces fibres paroissent encore davantage dans le troisième ordre 2, 3. C'est aussi une regle que le fer qui est mêlé avec l'acier paroît toujours

plus dans le 3. ordre de grainure que dans les précédents. Dans le premier il est en grains blancs, qui ne peuvent guères être distingué de ceux de l'acier, que lorsqu'on les tâte à la lime. La cassure du 4. ordre 3, 4, ressemble à celle des fers fibreux.

La fig. 3. est composée des quatre morceaux F, F, F, F, qui ont été séparés de la fig. 1.

La fig. 4. est une autre lame d'acier; on voit par sa cassure qu'il est encore grossier, mais moins que le précédent; dans le second ordre de grainure 1, 2, il paroît une petite veine de fer 1. Il y en a deux plus grosses dans le 3. ordre 2, 3. Les grains du 3. ordre de cet acier, & du précédent, ne sont pas aussi fins que ceux de la fig. suivante. Le 4. ordre 3, 4, est composé en partie de grains, & en partie de fibres.

La fig. 5. représente comme les précédentes la cassure L M d'un acier, mais plus fin que les précédents, & tout des plus fins. Le grain du 1. ordre n'est nullement mêlé. La grainure du 2. ordre 1, 2 est bien mêlée. Le 3. ordre 2, 3 est composé de grains très-fins, bien détachés les uns des autres. Le 4. ordre n'a que des grains, qui sont eux-mêmes d'une grande finesse; & telle qu'elle égale celle du 3. ordre de quelques aciers trempés; ils sont plus gris que ceux du 3. ordre de cet acier. Une si grande finesse de grain dans l'endroit où l'acier n'est pas trempé, indique ordinairement un acier mal-aisé à mettre en œuvre, & qui a peu de corps.

Les fig. 6 & 7, représentent chacune la cassure d'un acier différent. On s'est contenté de dessiner la surface de ces cassures. On suppose que les deux lames d'acier, sur lesquelles on les a dessinées, pour être chauffées également, ont été plongées

plongées chacune dans la fonte de fer fluide jusqu'en RR. 01, est le premier ordre de grainure de l'une; QIM, le premier ordre de grainure de l'autre; en 3 finissent les troisièmes ordres de grainures de l'une & de l'autre. Ce qu'on remarquera, & ce qu'on a eu en vûë de faire remarquer sur ces figures, c'est que la fig. 7. qui est l'acier le plus fin des deux, à une suite de grainure Q 3 plus longue que la suite de grainure 0 3 de la fig. 6. On remarquera de même que dans la fig. 7. le 3^e. ordre de grainure 2, 3, est plus grand par raport à son second ordre de grainure 21, que ne l'est le 3^e ordre de la fig. 6. par raport à son second ordre. Le 4^e ordre s de la fig. 7 est composé de parties plus fines que le 4^e ordre de la fig. 6.

La fig. 8. est la suite complete de la grainure d'un acier, représentée grossie à la loupe. La figure ne laisse pas de rester courte, parce qu'on suppose qu'elle est prise sur un morceau d'acier, dont il n'y a eu qu'un petit bout trempé. u i est le premier ordre qui paroît composé de lames semblables à celles que certains fers font paroître à la vûë simple. Ce qui fait voir que l'acier differe moins du fer par la figure que par la petitesse de ses parties. 1, 2, le second ordre qui a des lames brillantes mêlées avec des grains ternes. Dans le 3^e ordre 2, 3, il ne paroît que des especes de grains. Qu'on n'en conclue pas néanmoins que les parties n'y ont pas, comme ailleurs, la figure de lames; mais qu'on en conclue seulement que le microscope qui fait paroître dans le 1^{er} & le 2^e ordre des lames de la grosseur dont on les a représentées, n'en fait point paroître dans celui-ci. On y verroit des lames avec un microscope beaucoup plus fort. 3, 4 T ce qui n'a pas pris la trempé.

La fig. 9. est une bille d'acier dont le bout a été cassé; cet acier a été recuit, comme on l'a enseigné dans le 8. Mémoire. La circonférence de la cassure est une couche de fer, & tout le reste est acier.

La fig. 10. est un Fil d'acier dont on veut éprouver le corps.

La fig. 11. est un canon de pistolet, ou un morceau de canon de fusil dans lequel on fait fondre du plomb ou de l'étain pour chauffer également les fils d'acier, dont on veut comparer le corps.

Les fig. 12, & 13. sont des Creusets qui peuvent servir au même usage, ou à tenir en fusion de la fonte de fer dans laquelle on veut chauffer également des lames d'acier façonnées en rasoirs, comme celles des figures précédentes.

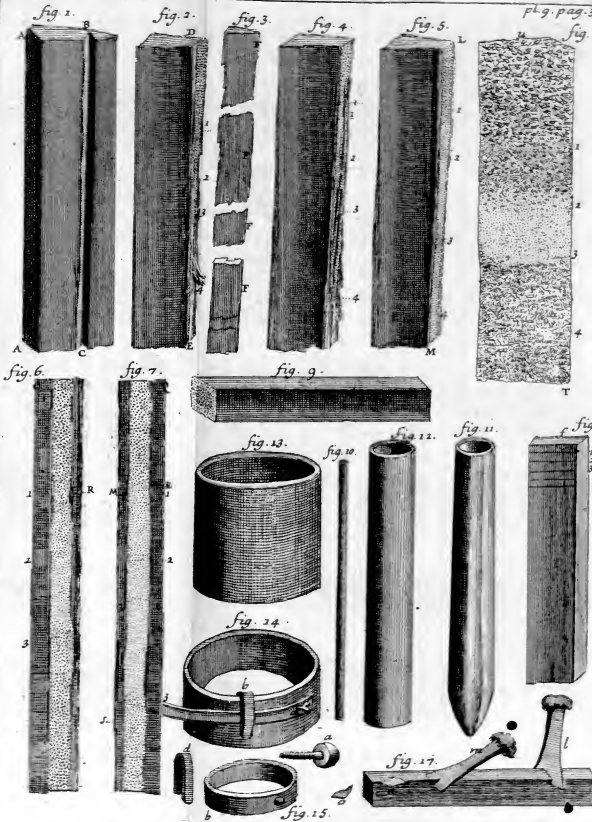
La fig. 14. est un anneau, ou cylindre creux sur lequel on peut rouler des lames ou des fils d'acier pour en éprouver le corps. a, Vis qui arrête un bout de la lame, ou du fil de fer. b Crochet qui tient cet acier appliqué sur l'anneau.

d b. Crochet vu séparément.

La fig. 15. est un autre anneau de plus petit diamètre: l'expérience apprendra les diamètres qu'on a besoin de donner à différents anneaux pour faire les essais.

La fig. 16. est une lame de mauvais acier, ou d'un fer dur, dont le bout f a été trempé; elle est divisée par des lignes parallèles. 1, 2, 3, elle sert à éprouver des ciseaux faits de différents aciers. Les meilleurs seront ceux qui couperont plus près de f, sans s'égrainer, & sans resouler.

La fig. 17. représente un morceau de fer sur lequel sont



deux ciseaux. l Un ciseau posé à plomb. m, Un ciseau posé obliquement. n, Coupure faite ci-devant par le ciseau tenu obliquement. Plus cette coupure est vive, nette, & meilleur est l'acier qui l'a faite. o Coupeau qui a été emporté par le ciseau.

Explication de la dixième planche.

L A fig. 1. est la petite machine à éprouver le corps des aciers vûë par dessus. On peut la tenir à la main, mais il est plus commode de l'arrêter dans un étau.

La fig. 2. est la même machine vûë par dessous.

Quelques-unes des parties de cette machine sont aussi représentées séparément; mais les mêmes lettres marquent par tout les mêmes parties.

A A les deux branches de la piece de fer recoudée, qui est la base de la machine.

B B platine de fer, ou de cuivre qu'on arrête fixement sur les deux branches.

C petit étau entre les machoires duquel on serre un bout du fil dont on veut éprouver le corps.

D D les deux lunettes ou trous qui reçoivent l'arbre mobile.

E cet arbre, percé en E par un trou en écroue.

FG la grosse vis.

H petite fourchette qui entre dans le bout de la grosse vis, & qui y tourne librement.

I petite vis qui sert à arrêter l'arbre qui porte la grosse vis. La grosse vis est mise plus proche, ou plus éloignée de l'étau, selon que la longueur des fils, qu'on veut essayer, le demande.

K L fig. 1. petite regle recoudée en *L*.

L M fig. 2. est la même regle. *M* est la vis qui l'arrête contre la platine.

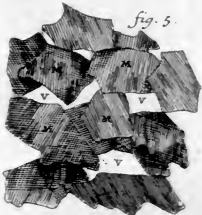
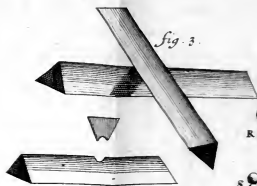
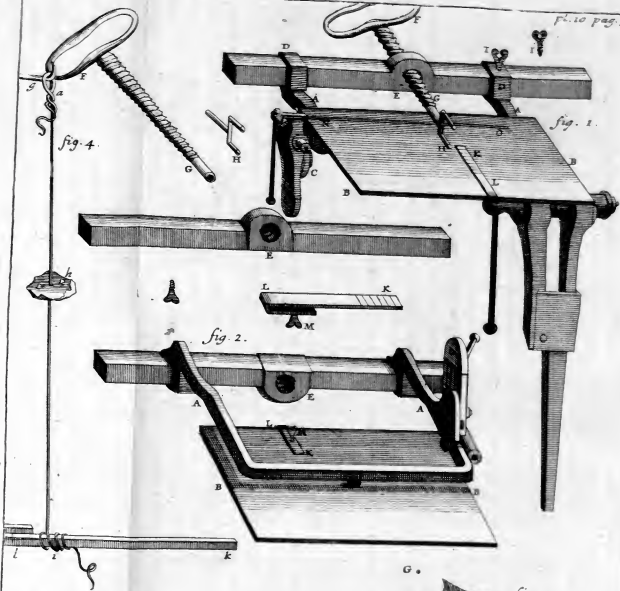
NO fig. 1. fil de fer qui est en place pour être cassé, & qui le sera lorsque le vis *F G* lui aura fait violence jusqu'à un certain point.

Fig. 3. deux prismes d'acier égaux en tous sens, mis l'un sur l'autre. Ils ont été entaillés tous deux par le même coup qui a tombé sur le supérieur.

La fig. 4. & les suivantes sont pour l'éclaircissement du *Memoire* 1^{er}. *g h i* est un fil d'acier dont le bout supérieur est acroché en *g*. En *h* est une petite platine sur laquelle on met un ou deux charbons rouges pour le chauffer en cet endroit au point nécessaire pour lui faire prendre la trempe. *k l*, levier autour duquel est arrêté le bout inférieur du fil d'acier. La branche *i k* est beaucoup plus longue que l'autre, on la fait aussi longue qu'on le trouve nécessaire. La branche *i l* est arrêtée par quelque corps en *l*. On charge la branche *k i* pour casser le fil d'acier.

La fig. 5. représente un grain d'acier qu'on imagine prodigieusement grossi, sa grosseur naturelle étoit celle qui paroît en *G. M*, *M*, *M* sont les molécules, dont ce grain est composé. *V*, *V* les vuides qu'elles laissent entr'elles.

La fig. 6. est une partie de ce grain, une molecu-



2. chelle de 20. pous.

le représentée aussi séparément. p, p , sont les parties dont cette molécule est composée.

La fig. 7. est composée de deux rangs RR de boules égales, qui ne se touchent pas toutes.

La fig. 8. est composée de deux rangs SS de boules plus petites que les précédentes, qui se touchent toutes.



ONZIEME MEMOIRE.

Explication des principaux effets que la trempe produit sur l'acier.

NOUS avons asés vû que le principal caractere de l'acier, considéré par rapport à nos usages, consiste dans la propriété qu'il a de s'endurcir par la trempe ; c'est cette propriété dont tant d'arts profitent, & sans laquelle ils ne subsisteroient pas : Sans la trempe une infinité de machines & d'outils n'auroient pas la dureté qui leur est absolument nécessaire. Si on fait quelque attention à la simplicité du procédé qui donne tant de dureté à l'acier, après avoir regardé cet effet comme un des plus utiles de la nature, on n'hésitera pas à le mettre, comme Rohault l'a mis, au nombre des plus admirables ; j'ajouterai qu'il est un de ceux dont la cause merite le plus d'être connue pour l'avantage des arts, & que je ne crois pas qu'elle l'ait été jusqu'ici, malgré les tentatives qu'on a faites pour l'expliquer ; on n'avoit pas des idées asés nettes de la nature de l'acier. Plusieurs Physiciens ont voulu rendre raison de cet endurcissement subit, après avoir établi leur systême sur la cause ge-

LE FER FORGE EN ACIER. 311

nerale de la dureté des corps; quelque soit cependant celle de la dureté, cette cause même supposée bien connue, la cause de l'endurcissement de l'acier par la trempe a encore des difficultés qui lui sont particulieres: lorsque l'acier s'endurcit, il semble s'écarter de la loi generale. Le tremper n'est rien autre chose que de le refroidir subitement. Si nous prenons garde aux circonstances qui accompagnent & qui précèdent cette opération, il paroîtra d'abord que l'acier devroit être plutôt ramolli qu'endurci par la trempe.

On chauffe un morceau d'acier; quand il est devenu rouge, on le plonge dans l'eau froide: voilà le fond de tout le mystere de la trempe ordinaire, & en voilà assez pour avoir donné une dureté considerable à cet acier qui seroit resté tendre à la lime, si on l'eût laissé refroidir lentement au milieu des mêmes charbons, où il a rougi, ou même si on l'eût laissé refroidir, exposé à l'air ordinaire. Si on avoit à deviner dans laquelle de ces deux circonstances l'acier a acquis le plus de dureté, si c'étoit de ces verités sur lesquelles l'expérience n'a point de prise, le raisonnement conduiroit à penser qu'il arrive précisément tout le contraire de ce que nous voyons arriver. On a commencé par donner un grand degré de chaleur à l'acier ou, ce qui est la même chose, on a introduit dans l'acier des torrents de particules de feu qui séparent, qui écartent, qui détachent les parties de l'acier les unes des autres; en un mot le volume de l'acier a été augmenté. En

cet état on le plonge dans l'eau froide; l'eau arrête bien-tôt le mouvement, l'action de la matiere du feu dont la couche extérieure étoit pénétrée. Voilà cette couche fixée à avoir une partie de l'augmentation du volume que le feu lui avoit donnée; car elle ne sçauroit perdre ce qu'elle a acquis, sans reprendre son ancienne place; or les couches intérieures qui ne sont pas encore refroidies, ou qui ne le sont pas au même point, l'en empêchent. Mais la premiere couche étant une fois refroidie, quelle force pourroit la faire rapprocher du centre; j'en dis autant de toutes les autres couches. De là il semble suivre qu'un des effets de la trempe est de donner à l'acier plus de volume qu'il n'en auroit, si on le laissoit refroidir lentement. Or la loi generale est que les corps de même nature sont d'autant moins durs, qu'ils ont plus de volume par rapport à la même masse, d'autant moins durs qu'ils sont plus rares, parce que leurs parties plus écartées les unes des autres, tiennent moins ensemble. Suivant la loi generale l'acier trempé devoit donc être moins dur, que l'acier qui a été refroidi lentement.

Nous ne connoissons que l'eau qui, lorsqu'elle se gele, augmente de volume en acquierant de la dureté. Et pour parler à la rigueur, l'eau même n'augmente pas de volume en se gelant. Ce dont le volume paroît avoir crû, est dû à la dilation de l'air qu'elle renferme, comme nous l'a appris la belle expérience de feu M. Homberg. Après avoir

LE FER FORGE' EN ACIER. 313

avoir épuisé pendant long-temps, & avec grand soin, l'air que contenoit de l'eau, il a trouvé que cette eau, dont la plus grande partie de l'air avoit été pompée, diminuoit de volume en se gelant.

Si l'augmentation de volume que la trempe fait conserver à l'acier ne paroissoit pas assés prouvée par le raisonnement précédent, ce raisonnement pourroit encore être fortifié par la seule inspection de la cassure de l'acier dans les deux differents états; l'acier trempé semble plus poreux que l'autre. Mais ici nous avons plus, nous avons une expérience qui démontre absolument la verité de ce raisonnement; c'est de mesurer les dimensions de l'acier, avant de le chauffer, & de les mesurer, après qu'il a été trempé. M. Perrault a déjà observé avant nous, qu'un fil d'acier trempé ne pouvoit passer par le même trou par où il passoit avant d'avoir été trempé; j'ai repeté & retourné cette expérience de bien des manieres, & j'ai toujours trouvé une augmentation de volume dans l'acier trempé: mais j'ai voulu sçavoir de plus jusqu'où elle alloit, & si elle étoit assés considérable pour être mesurée. J'ai fait faire des calibres de fer dans lesquels un morceau d'acier, long de six pouces, s'emboïtoit exactement; mes morceaux d'acier avoient pour l'ordinaire deux pouces de largeur sur six lignes d'épaisseur. Lorsque je les ai trempés, après avoir pris au feu une couleur d'un rouge blanchâtre, j'ai toujours trouvé qu'après la trempe, ils étoient au moins plus longs d'une ligne, qu'avant

d'avoir été chauffés : il y a eu de l'augmentation dans les autres sens , comme dans la longueur , mais qui n'étoit pas de même aisée à mesurer ; cela n'empêche pas qu'on doive croire qu'elle étoit proportionnelle à l'augmentation de la longueur. Cela supposé , les diametres des volumes des aciers trempés à un certain degré de chaleur , sont aux diametres des volumes des aciers non trempés , au moins en raison de 145 à 144 ; par conséquent le volume de l'acier trempé est au volume de l'acier non trempé dans un plus grand rapport que celui de 49 à 48 : car le cube de 145 est 3048625 , le cube de 144 est 2985984 , & la différence de l'un à l'autre est 62641. c'est-à-dire , que par la trempe l'acier acquiert au moins un 48^e de son ancien volume.

Il est donc bien prouvé que l'acier endurci par la trempe est d'une tiffure plus rare que l'acier plus mou , que l'acier non trempé : les causes qu'on peut soupçonner propres à augmenter la dureté de ce metal en augmentant son volume se réduisent à trois. 1°. Ou le feu ou l'eau ont ajouté à la masse une matiere qui fournit à l'augmentation du volume , & qui lie mieux les parties de l'acier ensemble. 2°. Ou au contraire le feu a chassé de dedans l'acier quelque matiere qui empêchoit ses parties d'être aussi parfaitement unies qu'elles le peuvent être. 3°. Ou enfin des changements se sont faits dans l'intérieur de l'acier , dans la figure , ou dans l'arrangement de ses parties , au moyen desquels

ces mêmes parties tiennent mieux ensemble.

J'ai fait les expériences qui m'ont semblé les plus propres à apprendre à laquelle de ces causes on devoit avoir recours ; elles m'ont convaincu qu'il falloit entièrement rejeter la premiere, & la seconde. Le raisonnement n'est pas favorable à la premiere ; la seule matiere qui pourroit s'insinuer dans l'acier, pendant l'instant de la trempe est l'eau ; car la matiere subtile n'est ici comptée que pour le vuide, or on ne voit pas que l'eau pût trouver des passages pour pénétrer jusqu'au centre d'une bille d'acier ; quand elle en trouveroit d'ouverts dans les premieres couches, en refroidissant ces couches, elle boucheroit bientôt ceux qui lui seroient nécessaires, pour la laisser parvenir jusqu'au centre. D'ailleurs l'eau introduite dans l'acier ne paroîtroit pas fort propre à l'endurcir ; pour endurcir un corps, il faut l'addition d'une matiere dont les parties soient mieux liées ensemble. Mais pour venir à l'expérience qui auroit pû épargner le raisonnement précédent, & qui décide que l'acier ne tient l'augmentation de son volume, ni de l'eau ni de l'introduction d'aucune autre matiere pesante ; j'ai pesé dans les balances les plus fines un morceau d'acier ; je l'ai réduit au poids précis d'une once ; je l'ai chauffé ensuite jusqu'à lui faire prendre plus que le rouge couleur de cerise, & alors je l'ai plongé dans l'eau froide. Après l'en avoir retiré, je l'ai essuyé, fait sécher, & enfin je l'ai pesé, non seulement je n'ai trouvé aucune augmentation.

dans son poids, j'ai même trouvé qu'il en avoit perdu un demi grain. Or si l'augmentation du volume venoit de l'introduction d'une matiere aussi pesante que l'acier, le poids de ce morceau auroit dû être augmenté de près de 12. grains, c'est à dire, avoir acquis $\frac{1}{48}$ de son ancien poids, comme il en avoit acquis un de son ancien volume : & si la nouvelle capacité du volume avoit été remplie par des parties d'eau, l'augmentation du poids auroit dû être encore sensible, & proportionnée au rapport qui est entre le poids de l'eau & celui de l'acier.

Il est donc bien sûr que ce n'est pas par l'introduction d'une matiere pesante que l'acier acquiert dans la trempe & du volume & de la dureté : à l'égard de la diminution de poids d'un demi grain que j'ai observée, elle ne me semble pas meriter d'attention. J'avois pris toutes les précautions qu'on peut prendre pour empêcher que le feu ne brûlât mon acier, qu'il ne lui enlevât quelque chose ; aussi lui avoir ôté un demi grain, c'est ne lui avoir ôté presque rien.

Enfin si l'introduction de l'eau avoit part à l'endurcissement de l'acier, trempé dans l'eau bouillante, il s'endurciroit davantage, que trempé dans l'eau froide, car l'eau bouillante le pénétreroit plus aisément. Cependant des expériences que nous rapporterons, quand nous entrerons dans le détail de celles que nous avons faites sur les trempes, montreront que l'eau bouillante ne scauroit donner un

grand degré de dureté à l'acier, qu'elle l'endurcit moins que l'eau froide.

Ce que je viens de dire contre l'introduction de l'eau à la même force, contre l'introduction des parties du feu, ou de parties poussées par le feu, qu'on pourroit imaginer être restées emprisonnées dans l'acier, lorsque l'eau en le refroidissant a ferré les pores de sa surface extérieure; par des parties telles, en un mot, que celles qui restent engagées dans la chaux de plomb, d'étain, & de divers autres matieres qui ont soutenu long-temps le feu. Ces parties augmentent le poids des corps où elles s'insinuent. Il n'y a donc aucune introduction de matiere dans l'acier trempé, si ce n'est d'une matiere sans pesanteur, ou de la matiere subtile.

Pour la seconde explication, je veux dire celle qui feroit dépendre l'endurcissement de l'acier d'une matiere que le feu auroit chassée d'entre ses parties, & à qui l'eau auroit bouché le retour, j'avoüerai qu'elle avoit d'abord été assés de mon goût; il me paroissoit naturel de soupçonner de l'air renfermé, & pressé entre les parties de l'acier non trempé. Où n'y en a t'il point? que cet air tendant à écarter les parties de l'acier, les empêchoit de bien tenir ensemble; mais que le feu en rarefiant l'acier, en ouvrant ses pores chassoit d'entre ses parties cet air, à qui toute entrée étoit bouchée, lorsqu'on refroidissoit l'air subitement, au lieu que le même air rentroit peu à peu dans l'acier qui perdoit sa chaleur par degrés insensibles.

Dans les explications de Physique on commence par deviner, ce sont les expériences qui décident si on a deviné juste. De crainte que quelqu'autre n'adoptât cette idée, comme je fus tenté de le faire : voici l'expérience qui m'en a désabusé & qui me paroît ne devoir laisser aucun doute. J'imaginai de laisser refroidir un morceau d'acier très-chaud dans un espace vuide, ou presque vuide d'air grossier. Là l'acier devoit s'endurcir, comme trempé dans l'eau froide, si son endurcissement venoit de ce qu'un air grossier chassé par le feu, ne peut plus rentrer dans l'acier refroidi subitement. L'espace où se refroidissoit mon acier, ne fournissoit pas plus d'air de cette nature qu'auroit pû faire l'eau. Je n'entrerai point dans un grand détail de la maniere dont j'ai executé cette expérience, en mettant un morceau d'acier plus que rouge par un bout, dans un long tuyau de verre plein de Mercure jusqu'auprès du bout rouge de l'acier : je me contenterai de dire que je bouchois toute entrée à l'air grossier, en entourant le vuide, que l'acier laissoit autour de l'ouverture supérieure du tuyau, avec une composition de cire ou de résine. On voit qu'il m'étoit facile de faire trouver l'acier du tuyau dans le vuide, en laissant descendre le Mercure, comme on le pratique pour les barometres, & de juger de la rarefaction de l'air par la hauteur à laquelle le Mercure se soutenoit. Après avoir repeté cette expérience plusieurs fois, & avoir dans quelques-unes laissé refroidir l'acier

LE FER FORGE' EN ACIER. 319

dans une espace où il restoit très-peu d'air grossier, l'acier est toujours demeuré aussi mou que s'il se fût refroidi dans un air ordinaire.

Puisque l'endurcissement de l'acier n'est produit ni par l'introduction d'une nouvelle matiere, ni par l'expulsion de l'air, reste donc à en chercher la cause dans les changements faits en sa tissure. C'est aussi où Messieurs Rohault & Perrault ont crû la devoir trouver. Le premier veut que sa tissure soit renduë plus uniforme par la trempe, parce que l'eau arrête ses parties dans un état approchant de celui de la fusion; que ses parties n'ont pas le loisir de s'assembler pour composer de gros grumeaux, qui puissent laisser entre eux des intervalles sensibles, où les pointes des burins, & les dents des scies, ou des limes puissent s'introduire. Mais apparemment qu'il n'avoit pas eu assez d'occasions de voir tremper l'acier, & casser l'acier trempé. Il eût sans doute observé que plus le même acier a été trempé chaud, & plus il a de gros grumeaux, ou grains, plus aussi les vuides qui sont entre les grumeaux, ou grains, sont grands, & cependant plus l'acier est dur; sa dureté augmente à mesure que la grandeur de chacun des intervalles sensibles qui sont entre les grains augmente. Si l'acier est plus dur après la trempe, ce n'est donc pas que les intervalles, où les dents des limes, & les pointes des burins peuvent s'introduire, soient plus petits qu'avant la trempe, c'est que réellement chaque grain est plus dur.

les parties de chaque grain tiennent mieux ensemble.

M. Perrault a reconnu avant nous que les grains de l'acier deviennent plus durs par la trempe, quoy que les intervalles qui les séparent soient crûs. Il attribüe cette dureté des grains à la pression de l'air subtil, de la matiere subtile qu'il admet pour cause generale de la dureté des corps; il veut que le refroidissement subit renferme cette matiere: mais cette matiere ainsi emprisonnée auroit la liberté de s'échapper, & s'échapperoit sûrement quand on casseroit une barre d'acier en deux; la surface de la cassure devroit donc devenir molle dans l'instant. Elle conserve pourtant toute sa dureté. D'ailleurs la façon dont on fait agir ici la matiere subtile tenant à la cause generale de la dureté, on ne sçauroit être content de cette explication particuliere, qu'on ne le soit de l'explication de la cause generale, & il n'est pas aisé de contenter les Physiciens sur cette importante question.

Indépendamment de la cause generale de la dureté, je crois que nous pouvons trouver la cause de l'endurcissement de l'acier, au moyen des connoissances que nos Memoires précédents nous donnent sur sa nature; il nous faut voir en même temps, & pourquoy la trempe enduret extrêmement l'acier, & pourquoy elle enduret très peu le fer, c'est encore ce dont on ne sçauroit rendre raison par l'explication de M. Perrault. Nous sçavons à present que l'acier ne differe du fer, que
parce

LE FER FORGE' EN ACIER. 321

parce qu'il est plus pénétré de soufres & de sels. Or c'est ce en quoy ils different l'un de l'autre qui doit être la premiere cause des differences qu'on trouve entre eux, après les avoir traité d'une maniere semblable; c'est donc des soufres & des sels que l'acier a plus que le fer, que doit dépendre la propriété qu'il a de s'endurcir. Tachons de découvrir comment ils peuvent rendre l'acier dur, lorsqu'il est refroidi subitement, & qu'au contraire, ils le laissent limable lorsqu'il a été refroidi lentement.

Nous sçavons & nous avons besoin de nous en souvenir, que le fer & l'acier boivent les soufres; mais nous sçavons aussi que le feu violent peut les leur enlever. A present, pour écarter le plus de circonstances inutiles qu'il sera possible, considérons un seul grain d'acier non trempé, un de ceux que la vûë seule découvre, & comparons le ensuite avec un grain, à peu près d'égale grosseur, d'acier trempé. Ce grain* que les yeux apperçoivent aisément est lui-même un amas d'une infinité d'autres grains que nous nommerons les molécules de ce grain*; le microscope met ces molécules de grain à portée de nos yeux. Mais ces molécules sont-elles-mêmes composées d'autres parties*. Supposons, si on le veut, que ces dernières sont les parties élémentaires, quoyque pour y arriver il faudroit peut-être pousser la division prodigieusement plus loin; mais nous pouvons nous en tenir là. Nous avons donc à considérer

* Pl. 10. fig. 5. G.

* fig. 5. MM;

* fig. 6. p, p;

un grain, les molécules dont il est composé & les parties élémentaires des molécules. Comme les sels & les soufres pénètrent le fer intimement, nous pouvons au moins supposer que ceux que l'acier a de plus que le fer, pénètrent les molécules du grain. Si j'expose au feu l'acier tendre où est le grain, sur lequel nous avons arrêté notre attention, le feu fondra plutôt les soufres, & les sels des molécules de ce grain, qu'il ne fondra les molécules mêmes; il chassera une partie des soufres & des sels, que l'acier a de plus que le fer, de dedans les molécules où elles étoient nichées; au lieu qu'ils pénétroient ces molécules, ils se placeront d'abord dans les intervalles qui sont entre elles; ce fera là le seul effet d'un feu modéré; & ce n'est pas pour en venir à notre explication que nous supposons cet effet; la décomposition de l'acier, faite soit par un feu lent, mais long, ou par un feu violent, ont démontré que le feu enleve à l'acier ses soufres & ses sels; ceux qu'il a forcé de sortir des molécules, occupent d'abord les espaces qui sont entre ces molécules. Ne faisons donc nulle difficulté d'admettre que quand notre grain est parvenu à un certain degré de chaleur, que les vuides qui étoient entre les molécules dont il est composé, sont remplis en partie par une matière sulfureuse qui n'y étoit pas auparavant, & dont les molécules ont été dépouillées; qu'une partie de cette matière sulfureuse, que le feu a mis en chemin de sortir du fer, a passé des

molecules même dans les intervalles qu'elles laissent entre elles. Dans cet état plongeons dans l'eau froide le barreau d'acier, où est le grain que nous considérons. Dans l'instant nous allons fixer les soufres & les sels qui nagent avec eux ; nous leur ôterons leur fluidité, ils ne seront plus en état de rentrer dans les molecules. Mais alors les petits intervalles qui étoient entre ces molecules du grain seront mieux remplis, & remplis par une matiere, que nous supposerons presque aussi dure qu'il nous plaira. Les molecules du grain tiendront donc mieux les unes avec les autres. Notre grain d'acier en sera donc plus difficile à diviser, à rompre, ou ce qui est la même chose, voilà notre grain d'acier devenu plus dur. La même chose est arrivée à tous les autres grains de l'acier qui avoient pris le même degré de chaleur ; par conséquent voilà notre acier, ou plus exactement parlant, & pour s'en tenir à ce que nous voulons expliquer actuellement, voilà tous les grains de notre bille d'acier endurcis.

Il n'y a nulle difficulté à admettre que les soufres de l'acier puissent être fondus, réduits à être fluides, sans que les parties de l'acier le soient ; nous venons de citer ce qui arrive dans la décomposition de l'acier, pendant laquelle les soufres sont enlevés, quoique les parties métalliques restent. Un exemple plus grossier nous montre qu'une partie de la matiere d'un composé fort solide peut prendre de la fluidité pendant que le reste con-

serve toute sa fixité. Je veux parler d'un des moyens qu'on a imaginé pour séparer l'argent d'avec le cuivre, & d'un des plus commodes pour le travail en grand ; c'est de faire passer cet argent dans le plomb d'où on le retire plus aisément que de dedans le cuivre. Pour le faire passer dans le plomb, on fond ensemble une certaine quantité de plomb & de cuivre chargé d'argent, on mêle bien ces deux métaux, on les laisse refroidir ; refroidis, ils ne composent qu'une seule masse. On expose ensuite cette masse à un degré de feu suffisant pour fondre le plomb & trop foible pour fondre le cuivre. Le plomb s'y fond, il coule saisi de l'argent, & laisse la masse de cuivre spongieuse. Dans les molécules de notre grain d'acier, il se passe quelque chose de pareil à ce qui se passe dans la masse de plomb & de cuivre. Les souffres des molécules du grain sont fondus, ils coulent dans les espaces qui sont entre ces molécules, où étant fixés par le refroidissement subit, ils lient mieux ces molécules, elles composent alors un grain plus dur.

Les Pyrites, ces especes de pierres sulfureuses, si connues des naturalistes, nous disposent à croire que les souffres & les sels mêlés ensemble peuvent avoir une dureté considérable ; on sçait que les Pyrites ne sont presque que sels & souffres, elles sont cependant si dures qu'on s'en servoit autrefois pour les arquebuses à rouet, comme on se sert aujourd'hui des cailloux pour les fusils. Quand ces matieres seroient moins dures, dès qu'elles rem-

pliroient les intervalles qui sont entre les molécules, les molécules se trouveroient mieux liées.

Au reste quand je parle des soufres du fer & de l'acier, il est rare que j'entende parler des soufres simples & purs, je les regarde comme une sorte de soufre commun, comme la matiere de nos Pyrites, c'est-à-dire, comme des soufres mêlés avec beaucoup de sels. Et si on vouloit même que ces soufres que nous avons fait couler entre les molécules des grains n'endurcissent, ou endurent principalement les grains, à cause des sels qu'ils amènent avec eux, on trouveroit par la suite des observations qui favoriseroient cette idée; des observations qui prouveront que des sels introduits dans du fer l'endurcissent, lors même qu'il perd de sa partie huileuse; mais toujours paroît-il certain que l'endurcissement de l'acier trempé, est produit par la fixation de la matiere qui coule dans les interstices de ses parties, & cette matiere n'est pas une matiere simple, c'est sans doute une matiere sulfureuse chargée de beaucoup de sels.

Les trempes en *paquet* sont si propres à confirmer cette explication, que des expériences imaginées exprès, ne le feroient pas davantage. Si on veut donner à l'acier une plus grande dureté que ne la lui donne la trempe ordinaire, on le fait chauffer, renfermé dans des especes de boîtes, ou de creusets, où il est entouré de suye, de charbon, de sels, en un mot, de matieres qui peuvent lui fournir des soufres, & des sels; voilà donc les in-

terstices des molecules, & si l'on veut encore, les molecules elles-mêmes qui se remplissent de soufres & de sels : en cet état, on retire l'acier rouge des boîtes, & on le trempe dans l'eau ordinaire ; trempé au même degré de chaleur, il s'endurcit davantage, qu'il ne se fût endurci, si on ne l'eût pas fait chauffer au milieu de matieres sulfureuses & salines. Notre explication apprend la raison de cette difference, & cette difference confirme en même-temps notre explication. Les grains de l'acier chauffé en Paquet sont plus pénétrés de soufres & de sels, que les grains de l'acier qui ont chauffé immédiatement sur les charbons, le refroidissement fixe plus de soufres & plus de sels dans un des cas que dans l'autre.

Le fer même qui a été recuit en Paquet & qui est trempé ensuite, prend près de sa surface une dureté approchante de celle de l'acier. Pendant le recuit, les interstices qui sont entre ses parties ont été remplis des soufres & de sels ; là il est dans un état semblable à celui de l'acier.

Je ne dissimulerai pourtant point, ni même je ne chercherai à affoiblir deux difficultés considérables, l'une est commune à toutes les explications qu'on a données jusqu'ici de l'effet de la trempe ; & l'autre est particuliere à la nôtre. La premiere de ces difficultés est que l'acier trempé, l'acier durci semble devoir être plus foible que l'acier non trempé : je veux dire qu'il semble nécessaire d'accorder, que si on tire par les deux bouts

deux morceaux d'acier de même diamètre , deux fils d'acier , par exemple , que celui qui est trempé doit être rompu par une force plus petite que celui qui n'est pas trempé. Puisque le volume de l'acier est augmenté par la trempé , sans augmentation de matière propre , il est évident que le nombre des points d'attouchements est moindre , ou ce qui est la même chose que la somme des surfaces qui se touchent après la trempé est moindre que la somme des surfaces qui se touchoient auparavant ; aussi les intervalles qui sont entre les grains , sont-ils sensiblement plus grands après la trempé : si la liaison est proportionnelle aux attouchements , voilà donc une somme de liaisons moindre ; le tout de l'acier est donc moins fort , après la trempé qu'auparavant. Il paroît difficile d'admettre que l'acier trempé , qui résiste incomparablement plus à la lime , aux pressions , soit plus foible quand il est tiré , que l'acier non trempé. J'avouerai aussi que cette conséquence m'a étonné d'abord. Car quoyque je sçusse qu'un acier trempé devient cassant par la trempé , cela ne me paroïssoit prouver en aucune façon que la liaison de toutes ses parties ensemble , en fût moins forte ; le coup de marteau qui casse un morceau de verre épais , ne casse point une paille , mais ce même morceau de verre tiendrait suspendu un poids considérable , & la paille n'en pourroit soutenir qu'un léger.

Les conséquences pour être dures en apparen-

ce, n'en font pas quelques fois moins vraies ; j'ai voulu m'assurer si celle-ci ne le seroit point ; si l'acier endurci par la trempe n'en est pas moins en état de résister aux forces qui le tirent. Pour cela j'ai pris un fil d'acier fort long qui avoit passé par la filiere * J'ai chauffé & trempé ensuite une partie de ce fil, longue de deux ou trois pouces *. J'ai marqué avec un brin de soye l'endroit qui m'avoit paru avoir été trempé le plus chaud. Après quoy j'ai arrêté un des bouts de ce fil au plancher, afin que le fil se trouvât dans une position verticale. J'ai chargé son bout inférieur de poids que j'augmentoie jusqu'à ce que le fil se cassât ; ou pour plus de facilité, je l'ai cassé par le moyen d'un levier au tour duquel le bout inférieur du fil étoit entortillé. Or quand il s'est cassé, ç'a toujours été dans l'endroit où il avoit été trempé, & presque toujours dans celui que j'avois marqué, pour avoir été trempé le plus chaud, & qui par conséquent étoit le plus dur.

J'ai repeté cette expérience autant de fois, & avec toutes les précautions qu'il étoit nécessaire pour qu'il ne me restât aucun scrupule. Le fil avoit des endroits pailleux, où il devoit être plus foible qu'ailleurs, j'évitois de le tremper dans ces endroits. Les dernières fois que j'ai fait cette expérience, j'ai pris encore une précaution aussi essentielle ; pour empêcher le fil de se courber par la trempe, parce que courbé il ne seroit plus dans le cas d'un fil tiré verticalement, & que ce seroit en se redressant

* Pl. 10. fig.

4.
* Fig. 4. b.

dressant qu'il se casseroit, comme se casseroit un levier d'acier. Je commençois par mettre le fil dans une position verticale * dans laquelle il étoit retenu par un poids qui le chargeoit assés pour le bien tendre; près de ce fil bien tendu, j'approchois des charbons allumés, où je les posois sur une petite platine de fer dans laquelle le fil passoit. Je le chauffois dans l'endroit que j'avois estimé le plus fort; jusqu'à ce qu'il fût rouge, alors je jettois de l'eau dessus. Le poids dont il étoit chargé empêchoit la trempe de lui faire prendre aucune courbure. malgré cette précaution, ç'a toujours été dans l'endroit trempé qu'il s'est cassé. * Pl. 10.
fig. 4.

Je n'ai pas fait d'expériences assés précises, & il n'est pas aisé d'en faire, pour déterminer de combien la force nécessaire pour rompre un morceau d'acier trempé, en le tirant, est moindre que celle qui est nécessaire pour le rompre avant d'avoir été trempé; mais je sçai que cette difference est considérable, & beaucoup plus que l'augmentation, que j'ai trouvée dans le volume de l'acier, ne l'auroit fait attendre. Il y avoit des endroits du fil d'où j'avois ôté des pailles, qui occupoient plus du tiers de la circonference, & qui avoient d'épaisseur le quart ou le tiers du diamètre, ces endroits si affoiblis, mais non trempés, étoient encore plus forts que ceux qui avoient été trempés.

Ainsi pendant que l'acier acquiert de la force pour résister aux frottements, aux pressions, il

perd de celle qu'il avoit pour résister aux tractions, sa force se distribue différemment; il se fait une sorte de compensation qui lui rend dans un sens, ce qu'il perd dans un autre.

La seconde difficulté, qui est particulière à notre explication, c'est que les molécules des grains doivent être moins dures après la trempe, qu'avant la trempe. Pour mieux faire sentir la force de cette difficulté, considérons au microscope un grain d'acier * qui n'a point été trempé, qu'il soit prodigieusement grossi; que tous les espaces renfermés par des traits, M M M, & croisés par des lignes, soient les molécules de ce grain; dont le nombre est prodigieusement plus grand, qu'il ne paroît ici. Ce qui reste en blanc, V, V, sont les intervalles qui sont entre ces différentes molécules. Les molécules du grain sont elles-mêmes composées, d'autres parties que nous avons nommées parties élémentaires du fer & de l'acier. Que la fig. 6. pl. 10. soit une des molécules du grain, où des traits marquent les séparations des parties élémentaires, dont elle est elle-même composée. Si on chauffe le grain d'acier, les soufres qui sont dans les molécules de ce grain sont fondus, ils rempliront en partie les interstices qu'elles laissent entre elles; dès que la trempe les fixera en cet état, le grain sera un tout composé de parties mieux unies, ce tout sera plus dur. Mais ce qui fait la difficulté, c'est que les molécules de l'acier seront en même temps moins dures qu'elles n'étoient.

* Pl. 10. fig. 5.

Après la trempe, les M M M fig. 5. tiendront mieux ensemble, qu'elles n'y tenoient auparavant, mais les parties dont les M M M sont composées, les p, p, fig. 6. seront moins unies. Cette conséquence est nécessaire; mais si on y prend bien garde, on ne fera pas de difficulté de l'accorder. Qu'en craindra-t-on? qu'il ne s'ensuivît que l'acier, après la trempe, ne résistât moins à la lime qu'auparavant? Premièrement la lime n'attaque pas à la fois, seulement une portion de molécule, ni même une seule molécule du grain de l'acier; elle attaque à la fois un amas des parties dont ce grain est composé, telles que sont M M M, il s'en trouve peut-être des milliers de pareilles dans le chemin de chaque dent; la lime trouvera donc plus de résistance, l'acier sera plus dur pour elle, dès que les grains & les parties qui composent les grains tiendront mieux ensemble. Secondement, quand cette conséquence nous forceroit à supposer que les molécules du grain sont composées de parties élémentaires qui tiennent si fortement ensemble, que quoyque leurs liaisons soient affoiblies, qu'elles sont encore en état de résister aux outils, où seroit l'inconvenient? Troisièmement enfin, on a peut-être preuve que les molécules de grain sont moins dures, sont plus faciles à détacher, ou à rompre dans l'acier trempé, que dans l'acier non trempé? N'en seroit-ce point une de ce que l'acier trempé prend un plus beau poli, que l'acier non trempé, & qu'il prend

le poli d'autant plus beau, qu'il a été trempé plus dur; les poudres fines qu'on employe pour polir ont alors, prise sur de plus petites parties, de plus petites parties leurs cedent.

Quand les grains eux-mêmes tiendroient moins bien ensemble dans l'acier trempé, que dans l'acier non trempé; dans le premier état il résisteroit plus que dans le second aux limes & aux ciseaux, pourvû que les parties qui composent les grains fussent mieux liées ensemble. Quand la lime agit sur l'acier, & même sur les fers les plus doux, elle n'emporte pas les grains en entier; la preuve est que les cassures du fer & de l'acier, quelques planes qu'elles soient, sont plus raboteuses que les endroits qui ont été limés; qu'on lime une pierre de grés, elle n'en paroîtra pas plus polie, parce que la lime emportera les grains mêmes; si l'acier & le fer sont plus polis, c'est donc que leurs grains ont été coupés. Le ciseau aussi ne sçauroit couper l'acier qu'il ne divise ses grains, il ne fait guère de chemin, précisément entre deux grains; dès que les parties des grains tiendront mieux ensemble, l'acier paroîtra donc plus dur à la lime & au ciseau, qui sont les façons d'éprouver sa dureté.

Mais je crois néanmoins que les grains de l'acier trempé tiennent plus fortement ensemble, que ceux de l'acier non trempé; une partie des souffres qui ont été chassés des molécules ont coulé apparemment jusques dans les intervalles, que les grains

LE FER FORGE EN ACIER. 133

laissent entre eux, des portions de ces intervalles en ont été remplies. Quoyque l'acier trempé soit plus foible, moins en état de résister aux tractions, chacun de ses grains peut cependant mieux tenir avec les autres, mais la somme de ces forces est plus petite dans le cas de l'acier trempé. Ceci vient de ce que l'acier trempé a réellement de plus gros grains, que l'acier non trempé. Supposons que R. & S. * soient des coupes de files de grains d'acier, & que ces grains ont une figure approchante de la ronde. C'est pour la facilité du raisonnement que nous leurs donnons cette figure qu'ils n'ont pas réellement; mais on pourra l'appliquer à toute autre figure: que S. donc soient deux files de grains d'acier non trempé, & R. deux files de grains d'acier trempé, & que les unes & les autres soient de même longueur, mais outre que les grains d'R. sont plus gros, qu'ils soient un peu plus séparés les uns des autres. L'augmentation du volume par la trempe demande cette dernière supposition; la somme des points d'atouchement qui est en S, une longueur faite de ces points mis bout à bout, sera plus grande, que la somme des points d'atouchement de R, qu'une longueur de ces points mis bout à bout. Si la force pour résister aux tractions est proportionnelle à la quantité des atouchements, il faudra plus de force pour séparer à la fois tous les grains de S S, que pour séparer à la fois, tous les grains de R R. mais au contraire il faudra moins de force pour détacher un seul

* pl. 10.
fig. 7. 8.

grain de S, que pour détacher un seul grain de R, parce que celui-ci plus gros touche ses voisins en plus de points. L'acier composé de grains, tels que ceux de S, fera donc plus difficile à rompre en le tirant; & il sera plus difficile d'enlever des grains à l'acier composé de grains tels que ceux de R; l'acier non trempé est dans le premier cas, & l'acier trempé dans le second; aussi plus le même acier, après la trempe, a de gros grains, & généralement parlant, plus il est dur.

Il y a encore une autre raison de cette augmentation de dureté, proportionnelle à l'augmentation de grosseur des grains, & cette raison est une suite naturelle de l'explication que nous avons donnée de l'endurcissement par la trempe. Nous avons fait remarquer en bien d'autres endroits, que plus l'acier a été chauffé, & plus il a été trempé chaud, & plus son grain est gros. Plus il a été chauffé, plus le feu a fait sortir de soufres, & de sels de ses parties élémentaires, les intervalles qui sont entré les particules qui composent le grain, ont donc été mieux remplis; il y a pourtant des bornes à ce plus de chaleur, qu'on peut donner à l'acier pour augmenter sa dureté: Si cette chaleur va jusqu'à faire sortir les soufres hors de l'acier même, alors il n'est plus en état de s'endurcir par la trempe, ou de s'endurcir si considérablement; on la ramené, ou presque ramené à l'état du fer.

Si les grains de l'acier sont d'autant plus gros,

qu'il a été trempé plus chaud, c'est que la chaleur ayant plus ramolli l'acier, plus de parties ont été réunies ensemble; quand les intervalles qui sont entre deux grains, sont remplis de parties de soufre, ces deux grains n'en font plus qu'un, les souffres qui circulent autour de ces grains les unifient.

Enfin tous les phénomènes de la trempe se déduisent clairement de notre explication. On voit pourquoy elle durcit l'acier, pourquoy elle le durcit d'autant plus qu'il a été trempé plus chaud, qu'elle lui a fait prendre un plus gros grain, pourquoy aussi l'acier a moins de corps, c'est-à-dire, qu'il ne se laisse pas, ou se laisse peu, plier, sans se casser : les grains ne peuvent plus céder dès qu'ils sont durs, ils sont roides : ils feroient même plus roides de cela seul, qu'ils sont plus gros. Le verre le plus cassant de tous les corps est souple à un point étonnant, quand il a été tiré en fils délié, comme nous l'avons fait voir dans les *Memoires de l'Academie*, année 1713. page 210. Entre des quantités égales de même matiere, celle-là sera la plus flexible, qui sera composée de parties plus petites, un cylindre de verre fera cassant, & le verre de ce cylindre tiré en fils composera un écheveau flexible, & d'autant plus flexible, qu'il sera composé de fils plus fins. L'acier non trempé ressemble à l'écheveau composé de fils plus fins, & l'acier trempé à l'écheveau composé de plus gros fils.

Il nous reste à voir pourquoy cet acier qui a été trempé redevient mou, si on le fait chauffer, ou, ce qui est la même chose, pourquoy il fût resté mou, si on l'eût laissé refroidir sur les charbons. Pour en rendre raison, il nous suffit de nous souvenir que le fer boit avidement les soufres & les sels: nous ne tâcherons point d'expliquer, comment cela se fait, peut-être n'y réussirions-nous pas. Qui voudroit en Physique expliquer tout ce qui tient à la question la plus simple, seroit à chaque question obligé de donner une Physique complete; toutes les verités Physiques forment une chaîne, dont on peut considérer séparément quelque partie. Je suppose donc que nous sçavons alsés que le fer boit avidement les soufres, & qu'il faut un feu violent pour lui enlever ceux dont il s'est faisi, ceux qui l'ont penetré. A mesure que l'action du feu s'affoiblit, qu'elle n'est plus en état de chasser des molecules de l'acier de nouveaux soufres, quelques uns de ceux qui étoient sortis, y entrent; ils s'y engagent de nouveau, & s'y engagent pour y rester; parceque dans notre cas, l'action du feu va toujours en diminuant. Cette action trop foible pour chasser les soufres qui sont rentrés, dans les parties élémentaires, a assez de force pour entretenir la fluidité de ceux qui sont encore dehors; si la chaleur diminuë insensiblement, & pendant un temps considerable, plus de soufres peuvent rentrer dans les molecules & les parties élémentaires. Ainsi l'acier plus il est refroidi lentement, plus il est éloigné

gné de l'état où le met la trempe, plus il s'est refroidi brusquement, plus il est dur, plus il s'est refroidi lentement, & plus il est souple.

Si on tire du fourneau le fer qui vient d'être converti en acier tout rouge, & qu'on le trempe, il s'endurcit, comme l'acier ordinaire; aussi a-t'il la provision de soufres & de sels, nécessaire pour produire cet effet. Si on le laisse refroidir lentement, il est encore dans le cas de l'acier non trempé, il a peu de dureté. Mais ce qui lui est particulier, c'est que dans cet état il est cassant. Aussi ses parties ont-elles été considérablement écartées les unes des autres pendant l'opération; par conséquent elles tiennent mal ensemble, jusqu'à ce qu'elles aient été rapprochées par le marteau, jusqu'à ce qu'il ait été forgé. La même cause fait aussi que son grain n'est pas si beau si on le trempe avant d'avoir été forgé, qu'après qu'il l'a été.

Puisque le fer & l'acier ne different que du plus au moins, il semble qu'il ne devroit y avoir aussi de difference que du plus au moins dans les effets que la trempe produit sur l'un & sur l'autre. Que le fer devroit acquérir quelque degré de dureté par la trempe; aussi cela est-il: si on trempe du fer rouge couleur de cerise, ou rouge blanchâtre, on ne l'endurcira pas au point de résister à la lime; mais il n'y a pas d'ouvriers qui ne sçache que le fer qui a été trempé est moins doux, moins pliant, que celui qui ne l'a pas été; & quand on veut avoir du fer très doux, on le donne bien de garde de le refroidir su-

birement. Mais si on veut voir tout ce que la trempe peut produire sur le fer, qu'on le chauffe presque fondant, & qu'on le plonge alors dans l'eau froide. J'ai souvent trouvé que le fer trempé ainsi fondant avoit une dureté approchante de celle de l'acier, qu'il résistoit aux limes. Le fer aiant moins de soufres que l'acier, il faut une chaleur plus violente, pour en faire sortir de dedans ses molécules & ses parties élémentaires suffisamment pour remplir les interstices que laissent entr'elles les molécules qui composent les grains. Je conçois donc que le feu, qui a rendu le fer presque fondant, n'a pas plus exprimé de soufres de ses parties, qu'il en a exprimé de celles de l'acier, à qui il a fait prendre la couleur de cerise. Tout ce que nous avons dit de la nature de l'un & de l'autre doit donner cette idée. En general l'acier est plus aisé à échauffer que le fer, & l'acier se refroidit plus promptement. Le même degré de chaleur augmente plus considérablement le volume de l'acier, que celui du fer : en voici les preuves. J'ai fait chauffer un morceau d'acier, & un morceau de fer, longs chacun de 12. pouces, jusqu'à ce qu'ils eussent la même couleur, autant que les yeux en pouvoient juger. En cet état je les ai mesuré l'un & l'autre ; la longueur de l'acier avoit augmenté de trois lignes, & celle du fer seulement de deux ; j'ai repeté plusieurs fois cette expérience, quelque couleur que j'aie fait prendre par le moyen du feu à l'acier, quand je l'ai fait prendre pareille au fer, le volume de l'acier a toujours plus augmenté que celui du fer.

LE FER FORGE EN ACIER. 339

Après avoir mesuré les morceaux d'acier & de fer également chauds, je les ai trempé, & je les ai encore mesuré au sortir de la trempe : l'acier a au moins conservé un tiers & quelques fois la moitié de l'augmentation de volume que le feu lui avoit donnée : j'ai au contraire trouvé que le fer revenoit presque à son premier volume ; il ne conservoit point d'augmentation de volume mesurable. Les souffres sont plus aisés à refroidir, à fixer que les parties métalliques, l'acier ayant plus de soufre doit être refroidi plus subitement ; ses parties ont moins le temps de retourner dans leur première situation ; d'ailleurs dès que les souffres sont figés, le retour des parties qu'ils séparent est arrêté.

Quoique toutes les fois que nous avons parlé du refroidissement produit par la trempe, nous l'aïons fait regarder comme très-subit, nous n'avons pourtant pas voulu faire entendre qu'il fût instantané. Le fer & l'acier ne sont pas froids dès qu'ils ont été plongés dans l'eau, ils y conservent pendant quelque temps une chaleur considérable ; si les morceaux sont épais, on voit au travers de l'eau qu'ils conservent pendant quelque temps une couleur rouge ; pendant que la trempe agit, une partie des souffres que le feu avoit conduit entre les molécules des grains, rentre dans les molécules. Lorsqu'un acier trempé blanc est refroidi, il n'y a peut-être pas plus de souffres entre ses molécules, qu'il y en a entre celles de l'acier, qui a le degré de chaleur qu'accompagne la couleur de cerise. L'acier trem-

pé couleur de cerise, quand il est refroidi n'a pas peut-être plus de soufres entre ses parties, qu'en a l'acier chaud d'un rouge tirant sur le noir; ainsi il faut concevoir que le fer, des parties élémentaires, duquel peu des soufres ont été chassés, les reboit presque tous; que les soufres ne s'opposant pas au retour des molécules de fer, elles reprennent à peu près leur première situation. Ainsi la masse du fer revient à peu près à son premier volume.

Ces dernières remarques éclaircissent une des règles fondamentales des trempes qui sera rapportée dans la suite, sçavoir que de deux aciers de différente finesse, chauffés & trempés au même degré de chaleur, le plus fin prendra plus de dureté que l'autre, il est plus éloigné de la condition du fer, plus de soufres ont été fixés entre ses molécules.

J'espère de même que tout ce que nous avons dit sur la cause générale de l'effet de la trempe repandra de la lumière sur les différentes façons de tremper; qu'on sera en état de prévoir l'effet que doivent produire les différentes sortes de trempes, & que les effets de ces différentes sortes de trempes appuieront encore une explication qui me paroît pourtant très-prouvée; aussi n'avons-nous pas crû nous pouvoir dispenser de parler des trempes un peu plus en détail; c'est ce que nous allons faire dans le mémoire suivant.

DOUZIEME MEMOIRE.

*Sur les différentes trempes qu'on peut donner
à l'acier ; & sur les recuits qu'on lui donne
souvent après l'avoir trempé.*

DE'S que tremper l'acier n'est que le refroidir subitement, toutes les variétés des trempes peuvent être considérées sous deux vûes générales ; sçavoir par rapport à l'état où étoit l'acier quand il a été refroidi , & par rapport aux matieres. & à l'état des matieres qui l'ont refroidi. L'acier quand il a été trempé pouvoit être plus ou moins chaud , & c'est par rapport aux degrés de chaleur qu'il avoit reçûs ayant la trempe que nous le regarderons d'abord ; après quoi nous verrons ce qui arrive , lorsqu'il est trempé dans différentes matieres. Nous reviendrons pourtant ensuite aux différents effets de la trempe considérés par rapport à l'état même de l'acier ; nous examinerons les dispositions qu'on lui donne quelques fois à prendre plus de dureté, trempé au même degré de chaleur dans les mêmes matieres : c'est ce qu'on fait par le moyen des trempes en paquet.

Nous ne nous proposons pourtant pas de traiter cette matiere dans toute son étendue ; il faudroit parcourir les effets que la trempe produit sur les

différens aciers ; entrer dans un prodigieux détail des matières dans lesquelles on le peut refroidir ; déterminer les degrés de trempe qui conviennent à chaque outil : ce dernier article seul meneroit loin , il engageroit à expliquer comment chaque outil agit ; & ces considérations ne peuvent être placées dans une étendue convenable que dans les arts qui travaillent ces outils , c'est ce que nous espérons faire à mesure que nous les décrirons : à présent nous nous en tiendrons aux notions générales , aux principes des trempes , nous nous réduirons à en rapporter les principales règles , à appuyer ces règles de quelques expériences que nous avons faites , mais qui peuvent être poussées beaucoup plus loin.

Nous reprendrons encore icy quelques uns des faits dont nous avons déjà parlé dans les mémoires précédents , pour qu'on voye de suite ce qui regarde les trempes. D'ailleurs nous avons omis des circonstances , qui le devoient être alors , mais qui ne le peuvent être à présent , commençons par les trempes ordinaires , les trempes à l'eau commune , qui sont celles qui donnent la dureté à la plus grande partie des outils dont nous nous servons , comme sont les couteaux , ciseaux , rasoirs , canifs , couperets , haches , &c.

Le degré de chaleur qu'a pris l'acier qu'on a fait chauffer , se connoît par la couleur de sa surface ; mais de toutes les couleurs qu'il peut prendre , il n'est que celles qui commencent à tenir du rouge , qui

le rendent sensiblement susceptible de la trempe; il faut au moins qu'il ait commencé à rougir. La première nuance de rouge est d'un rouge brun; à mesure qu'il s'échauffe il devient d'un rouge plus clair, plus vif, & monte à la nuance que les ouvriers nomment couleur de cerise, & qui approche aussi du couleur de cerise ordinaire; par un plus grand degré de chaleur ce rouge s'affoiblit, il devient mêlé de jaune. Enfin la chaleur de l'acier étant montée à l'extrême, quand il est presque fondant, sa couleur est d'un blanc jaunâtre, appelé blanc par les ouvriers.

La couleur qu'a pris l'acier au milieu du feu marque donc le degré de chaleur qu'il y a acquis; & c'est cette couleur qui conduit à tremper l'acier, qui apprend s'il a le degré de chaleur auquel on veut le tremper.

La règle la plus générale sur les trempes est que le grain de l'acier est d'autant plus gros, & plus blanc, qu'il a été trempé plus chaud; & que son grain est d'autant plus fin, plus gris, plus terne, qu'il a été trempé moins chaud. C'est ce qui nous a été montré par la suite des différents ordres de grainures dans le mémoire 10°. La seule exception qu'il y ait à cette règle, est que si l'acier a été surchauffé, s'il a été chauffé fondant, alors il n'aura pas le grain ni si blanc, ni si gros qu'il l'eût eu chauffé un peu moins chaud. Le trop grand degré de chaleur lui a fait perdre de sa qualité d'acier.

La seconde règle est que l'acier est d'autant plus

dur, qu'il a été trempé plus chaud : elle souffre pourtant quelques exceptions ; j'ai connu des ouvriers plus attentifs à observer, qu'ils ne le sont communément, qui même ne convenoient pas de cette règle ; ils avoient remarqué, qu'il arrive à des aciers d'être moins durs, quand ils sont trempés très-chauds, que s'ils eussent été trempés un peu moins chauds. Des aciers très-fins leur auront fourni comme à moi cette observation ; si on les chauffe presque fondants, il arrive quelques fois qu'ils n'ont pas plus de dureté dans l'endroit où ils ont été chauffés blancs, que dans l'endroit où ils n'ont été chauffés que couleur de cerise. C'est que le degré de feu trop violent affoiblit ces sortes d'aciers. Il peut même les détruire entièrement, les ramener à être fer, en faire ce que nous avons nommé avec les ouvriers des aciers pâmes. Dès qu'ils ont souffert un degré de feu qui les rend moins aciers, il n'est pas étonnant qu'ils aient moins de dureté. La règle subsiste néanmoins ; il est vrai en général que plus l'acier a été trempé chaud, & plus il a de dureté.

— Mais une troisième règle, & qui éclaircira la précédente, c'est qu'entre des aciers de différentes espèces, ceux qui sont les plus fins prennent plus de dureté trempés au même degré de chaleur : trempés couleur de cerise, un acier qui n'est propre que pour des outils à terre, & trempés couleur de cerise, un acier propre aux taillants les plus fins, ce dernier sera plus dur que l'autre. Mais vous pou-
vés

vés tremper l'acier le plus fin à un degré de chaleur si foible, & l'autre à un degré de chaleur si fort, que le gros acier sera plus dur que le fin. Entre les aciers fins, plus ils sont fins, & moins ils demandent à être trempés chauds.

C'est ici la place d'une experience que j'ai promise ailleurs qui est très-propre à confirmer cette regle, & à en faire voir le fondement; selon l'idée de la nature de l'acier que nous avons établie, les aciers les plus fins sont penetrés d'une plus grande quantité de souffres & de sels; pour rendre de l'acier, qui avoit été auparavant fer forgé, aussi fin qu'il pouvoit le devenir, au risque de le rendre trop difficile à travailler, je remis plusieurs fois au fourneau divers morceaux d'aciers; je les environnai chaque fois d'ingrédients propres à les changer en acier s'ils ne l'eussent pas été; quand ils eurent ce qui leur falloit de souffres, ils en prirent trop; je fis forger fort doucement les bouts de ces morceaux d'aciers, & je les fis tremper un peu plus que couleur de cerise. Ce qui arriva à quelques-uns me parut singulier; il y en eut qui, dès qu'ils furent plongés dans l'eau, s'y en allerent par parcelles; d'autres furent tirés de l'eau entiers, mais quand je vins à frapper dessus le bout, même légèrement, ce bout s'en alla en grains, à peu près comme eut fait une pierre de grés. J'eus un gros sable d'acier, dont les grains étoient durs & très durs, mais les amas de grains étoient friables.

Une 4^e. regle, qui est un corollaire de la 3^e. c'est

que quand on veut faire des outils durs avec des aciers qui ne sont pas fins, il faut les tremper très-chauds, par-delà la couleur de cerise, tirant sur le blanc; on doit pourtant éviter de tremper des aciers fondants, les cas où on le peut pratiquer sont rares, & ne sont que pour de très-grosses pièces qu'on veut tremper bien avant, comme on en fait quelques fois dans la taillanderie; pour faire prendre la trempe à la pièce, jusques vers le centre, on est dans la nécessité de donner à la surface un trop grand degré de chaleur.

Les gros aciers approchent du fer, leurs parties élémentaires sont bien moins chargées de soufres & de sels que celles des aciers fins; il n'y a qu'une chaleur considérable qui puisse fondre une quantité suffisante de ces matières, & la faire passer entre les-molécules des grains, & en remplir assés leurs interstices. Les soufres & les sels sont bien plutôt mis en fusion dans les aciers fins, qui en ont plus abondamment. Dans les aciers extrêmement fins, dans ceux qui sont trop acier, qui sont surchargés de soufres, une chaleur très-legere suffit pour les dégager de dedans les parties du metal, pour les faire couler entr'elles, & même les y faire rassembler en telle quantité que les parties métalliques s'en trouvent trop écartées les unes des autres; c'est alors que si on trempe l'acier dans l'eau froide, il se divisera par grumeaux au milieu de la trempe; ou s'il y reste entier, pour peu qu'on vienne à le frapper, il se separera en grains, comme une pierre

de grés ; en un mot ce que nous avons vû de la cause de l'endurcissement de l'acier par la trempe, de la nature de l'acier , étant appliqué à ces phénomènes n'y laissera rien d'obscur.

Une regle fort importante, que bien des Ouvriers n'observent pas assés , c'est de ne faire prendre à l'acier précisément que le degré de chaleur avec lequel on veut le tremper ; il y en a qui croient faire assés , s'ils trempent leur acier avec la couleur convenable ; ils le chauffent souvent plus qu'il ne faudroit , & après l'avoir retiré du feu trop chaud , ils le laissent refroidir jusqu'à ce qu'il soit revenu à la couleur qu'ils lui veulent. Les parties de l'acier, en revenant à une certaine couleur, ne reprennent pas précisément le même arrangement qu'elles auroient eu, si le feu leur eût donné simplement cette couleur , il y a des parties qui ne sont plus en état de retourner à leur premiere place. Pour bien tremper, on trempera donc l'acier aussitôt qu'il aura pris le degré de chaleur auquel on souhaite qu'il soit trempé.

Aussi un Ouvrier attentif ne doit pas perdre des yeux son outil pendant qu'il le chauffe pour le tremper. C'est pour tremper juste , à ce degré de chaleur, que quand il s'agit de petites pieces, qui se refroidiroient à l'air, si on les portoit seulement à quatre à cinq pas de la forge, qu'il faut avoir sur la forge même l'eau dans laquelle on veut les tremper ; les bons Couteliers le pratiquent pour les canifs.

Pour avoir des preuves décisives de la remarque précédente, j'ai pris deux morceaux du même acier; j'en ai chauffé un précisément couleur de cerise, & alors je l'ai trempé; j'ai chauffé l'autre morceau presque blanc, beaucoup par-delà la couleur de cerise, je l'ai retiré du feu, j'ai attendu qu'il fût revenu à cette couleur pour le tremper. Ces deux aciers aiant été cassés, la cassure du premier a toujours paru faite de grains plus fins, plus égaux, mieux détachés que celle du second. J'ai repeté bien des fois cette expérience, & ça toujours été avec le même succès. Pour être plus sûr de la comparaison, je l'ai quelques fois faite sur des fils d'aciers tirés par le même trou de filiere, & venu du même brin.

J'ai vû des Ouvriers asés intelligents, qui à dessein faisoient prendre à leur acier un degré de chaleur plus grand que celui auquel ils avoient envie de le tremper; mais au lieu de laisser diminuer la chaleur en le tenant sur les charbons de la forge, ou à l'air, comme on le pratique ordinairement, ils le portoient sur l'enclume, & le forgeoient à petits coups, jusqu'à ce qu'il n'eût que le degré de chaleur convenable. Leur idée étoit de le préparer à prendre plus de dureté par la trempe en rapprochant les parties que le feu avoit écartées. Ce raisonnement asés specieux, ne m'a pas semblé s'accorder avec l'expérience. Les cassures des aciers qui avoient eu cette petite façon avant la trempe, ne m'ont pas paru d'un aussi beau grain, que celles de

LE FER FORGE' EN ACIER. 349

l'acier trempé au même degré de chaleur, immédiatement après avoir été retiré du feu : peut-être que les coups de marteau qui compriment l'acier forcent des souffres à rentrer dans ses parties, qu'il y en a moins dans leurs interstices, qu'il n'y en auroit eu. D'ailleurs ces coups peuvent donner aux parties un arrangement moins favorable pour l'endurcissement que celui que le feu seul leur donne.

De ces regles, ou remarques, où nous n'avons considéré que l'état où étoit l'acier dans l'instant qu'il a été trempé, passons aux différentes matieres, & à l'état des différentes matieres, dans lesquelles on le peut tremper, & commençons par l'eau. Par rapport aux trempes faites à l'eau, la principale circonstance qu'il y ait à observer, c'est le degré de froideur. Si de deux aciers également chauds l'un est trempé dans une eau plus froide, celui qui aura été trempé dans l'eau la plus froide, après la trempe, sera plus dur, & plus cassant que l'autre. par conséquent il aura le grain un peu plus gros. Les Ouvriers sçavent presque tous, que les outils qu'ils trempent quand il fait grand froid sont plus cassants, ce qu'ils appellent être trempés plus secs ; aussi ceux qui sont habiles les font-ils moins chauffer alors. Il y a une sorte de compensation entre tremper une piece moins chaude dans une eau plus froide, & tremper une piece plus chaude dans une eau moins froide. L'explication de la cause de l'endurcissement par la trempe étant un peu plus étendue explique encore ces deux faits. L'endurcisse-

ment est produit par les sels & les soufres qui sont fixés entre les molécules des grains, par les soufres dont le retour est arrêté. Il y a moins de soufres & de sels entre les grains de l'acier chauffé moins chaud, mais l'eau plus froide fixe en moins de temps les matieres, elle leur ôte plutôt leur fluidité: il y en a moins qui peuvent rentrer dans les parties de l'acier, quand il est moins long-temps à se refroidir; l'acier ne se refroidit pas dans un instant, il conserve même sous l'eau une couleur rouge, & la conserve d'autant plus long-temps qu'il a été trempé plus chaud.

Pour avoir des preuves encore plus completes de cette espece de compensation que nous venons d'expliquer, pour être certain que c'est en quelque sorte la même chose, par rapport à l'endurcissement, de tremper un acier moins chaud dans de l'eau plus froide, ou de l'acier plus chaud dans une eau moins froide, ou chaude elle-même. J'ai chauffé de l'acier seulement couleur de cerise, & je l'ai plongé dans de l'eau bouillante; il n'y a pas pris une dureté suffisante pour résister à la lime; il s'y est endurci, mais ce n'a pas été au point où il se fût endurci dans l'eau froide; il n'y étoit pas même devenu cassant, il s'applatissoit sous les coups du marteau. J'ai ensuite fait prendre à l'acier un plus grand degré de chaleur, je l'ai rendu d'un rouge très-foible, trempé avec cette couleur dans l'eau bouillante, il y a acquis la dureté qu'il eût acquis s'il eût été trempé dans l'eau froide n'ayant que la couleur de cerise.

LE FER FORGE' EN ACIER. 311

Puisque tremper l'acier n'est que le refroidir, il est clair que toutes les matieres qui peuvent le refroidir, arrêter le mouvement de ses parties, sont propres à luy donner la trempe. Que différentes liqueurs peuvent produire un effet semblable, ou approchant de celui de l'eau; des corps solides mêmes, qui s'appliqueront exactement contre l'acier chaud, le tremperont. En voici quelques exemples. Il y a des circonstances où on trempe des outils, dont la pointe est deliée, dans le Plomb. Après avoir fait chauffer la pointe de l'outil, on l'appuye sur un bloc de Plomb, on la force à y entrer; le Plomb se fond un peu pour faire place, il ne laisse pas de tremper la pointe aussi dure à peu près qu'eût fait l'eau.

S'il étoit aussi aisé de faire entrer un outil chaud dans l'Or, l'Argent, & le Cuivre, que dans le Plomb, on le tremperoit de même en le faisant entrer dans ces metaux. L'Etain approche plus de la mollesse du plomb. J'ai essayé s'il ne tremperoit pas de même l'acier, & j'ai trouvé qu'il ne manque jamais à endurcir la partie qui y a été enfoncée; mais comme il est un peu plus difficile à fondre que le Plomb, on est obligé d'appuyer plus fort sur l'outil, ou même de le frapper pour l'y faire entrer suffisamment.

J'ai de même trempé des pointes d'acier rouge en les contraignant d'entrer dans de l'Etain de glace ou Bismuth: je l'ai trempé aussi en le faisant entrer dans du regule d'Antimoine.

Ces matieres, quelques différentes qu'elles soient

de l'eau, ne m'ont pas paru avoir donné à l'acier aucune qualité différente de celle que l'eau lui donne. Je n'ai pas trouvé que l'Antimoine y ait produit aucun mauvais effet, quoiqu'il soit très-propre à alterer le fer & l'acier; mais la trempe est d'une si courte durée, l'acier est sitôt refroidi, que les matieres qui le touchent n'ont guere le temps d'agir efficacement que pour le rendre plutôt froid.

Une matiere qui m'a paru meriter plus qu'aucune autre qu'on essayât d'y tremper l'acier, c'est le Mercure; aussi n'ai je pas manqué d'en faire l'expérience. Après l'expérience de la trempe aiant par hazard mis le doigt dans le Mercure, il me parut avoir pris une chaleur bien plus grande que celle qu'eût pris l'eau dans laquelle un égal morceau d'acier eût été trempé; cependant un volume de Mercure étant environ 13. fois plus pesant, aiant environ 13. fois plus de masse à mettre en mouvement qu'un égal volume d'eau, sembleroit demander un degré de chaleur beaucoup considerable pour être échauffé au même point que l'eau; il n'étoit pas naturel d'attendre, qu'au contraire le Mercure seroit plus échauffé que l'eau par un degré de chaleur égal. Pour m'assurer d'un fait que je n'eusse pas prévu, je pris deux creusets très-égaux dont j'en remplis un d'eau, & l'autre de Mercure; je trempai dans l'un & dans l'autre un fil d'acier égal, & chauffé également; s'il y eût quelque avantage pour le plus de chaleur, il fut toujours donné au creuset où étoit l'eau. Après que l'acier eût été trempé

trempé dans l'un & dans l'autre ; je mis le doigt dans chacune des liqueurs , l'eau à peine avoit pris une chaleur sensible , à peine avoit-elle le degré de chaleur de l'eau tiède , pendant que la chaleur du Mercure étoit telle , que je ne pouvois tenir mon doigt long-temps dedans ; il me brûloit. Je sçai , & qui ne le sçait point ? qu'on ne peut pas juger sûrement par le sentiment du toucher du degré de chaud , ou de froid des corps ; j'eusse voulu avoir sous ma main des thermomètres de grandeur & de figure convenable pour m'assûrer davantage du fait , ou pour parler plus naturellement , pour en donner aux autres une preuve incontestable ; car quoique je sçusse que le mercure moins froid , ou moins chaud que l'eau peut causer un plus grand sentiment de chaud , & de froid , parce que plus de parties de ce fluide sont appliquées à la fois , contre le corps qui le touche , de même que l'eau fait plus d'impression sur nous que l'air ; quoique dis-je , je sçusse ce fait , la difference ici étoit si considérable qu'il n'y avoit pas à craindre d'erreur du côté des sens. Mais ce qui m'auroit ôté tout scrupule , s'il m'en fût resté , & une preuve qui équivaloit à celle qui auroit été donnée par les thermomètres , c'est que le creuset , dans lequel étoit le Mercure , étoit devenu sensiblement plus chaud au toucher que l'autre. Pourquoi donc une quantité de chaleur , qui devoit échauffer le Mercure environ 13. fois moins que l'eau , l'échauffe-t-elle davantage , & considérablement davantage ? On pourroit dire que les

354 L'ART DE CONVERTIR
parties du Mercure sont plus aisées à mettre en mouvement que celles de l'eau, qu'elles conservent mieux la chaleur qu'elles ont acquise ; ces raisons peuvent être bonnes & avoir quelque part au phénomène ; mais nous en avons une meilleure, & qui apparemment est la vraie cause de cette différence. Quand on trempe l'acier rouge dans l'eau froide, on entend une sorte de bruit ; une espece de sifflement connu de tout le monde, pareil à celui d'un tison allumé sur lequel on jette de l'eau ; quand on plonge l'acier dans le Mercure on n'entend pas le moindre sifflement. Celui qu'on entend, quand l'acier rouge est plongé dans l'eau, est la fuite d'un bouillonnement qui s'y fait : & ce bouillonnement est apparemment produit par la rarefaction considérable & subite de l'air contenu dans l'eau ; mais quel qu'en soit la cause, il suffit qu'on sçache que l'eau bout autour de l'acier qui y a été trempé ; ces bouillons sont des espaces que l'eau ne remplit pas, il y a donc de temps en temps des espaces vuides autour de l'acier, ils sont à la verité de peu de durée, mais ils reviennent frequemment : par conséquent l'eau ne doit pas être regardée comme continuëment appliquée contre l'acier ; elle n'est pas continuëment en état de recevoir toute la chaleur qu'il peut lui donner ; une partie de cette chaleur passe dans la matiere qui forme ces bouillons, & se perd avec elle. Le Mercure au contraire plus difficile à soulever, & qui contient moins d'air, est toujours appliqué contre l'acier rouge, il prend plus de chaleur, & conserve celle qu'il a acquise.

LE FER FORGE' EN ACIER. 355

L'acier trempé dans le Mercure m'a toujours paru avoir le grain plus gros, que le même acier trempé dans l'eau au même degré de chaleur. Pour donner un grain aussi fin à l'acier trempé dans le Mercure, il a fallu l'y tremper moins chaud que dans l'eau. Le Mercure refroidit l'acier plus subitement, quoiqu'il s'échauffe lui-même. Or dès qu'il le refroidit plus subitement, l'acier qu'on trempe dans le Mercure, selon une de nos remarques précédentes, quoique trempé au même degré de chaleur, se trouve dans le même cas qu'un acier plus chaud qui eût été trempé dans un fluide plus froid.

Les Ouvriers de divers Pais vantent fort leurs eaux pour la trempe. Si il y en a qui aient plus de vertu que d'autres, il y a grande apparence que ce ne sera qu'autant qu'elles seront plus froides. Si une eau pouvoit plus produire d'effet qu'une autre sur l'acier qu'on y trempe : ce ne seroit que par les soufres & les sels dont elle se trouveroit chargée; or je ne sçai s'il y a lieu de croire qu'une eau soit chargée d'asés de soufres & de sels pour produire plus d'effet qu'une autre eau, on en jugera par les expériences suivantes. Ce que je dis de l'eau commune, il y a grande apparence qu'on peut le dire aussi de la rosée, quoyque très-vantée pour les trempes; & entre les rosées c'est celle de May qui l'a été le plus.

Pour sçavoir si on devoit beaucoup se promettre des eaux qui se trouveroient naturellement chargées de certains sels, ou si par des additions de sels,

on pourroit rendre les eaux communes plus efficaces, j'ai rempli d'eau de riviere plusieurs creusets très-égaux, tous tournés sur le même moule. J'ai donné à l'eau de chaque creuset un sel différent à dissoudre, & je lui en ai même donné plus qu'elle n'en pouvoit dissoudre: l'eau d'un des creusets étoit imprégnée de sel marin, celle d'un autre de sel de verre, celle d'un autre de sel ammoniac, celle d'un autre de salpêtre, celle d'un autre d'alun, celle de l'autre de vitriol. Pour faire une comparaison exacte de l'effet de ces eaux avec celui de l'eau pure, j'avois un petit creuset plein de cette dernière eau, égal à ceux où étoient les eaux composées. Tout étant ainsi préparé, je faisois chauffer deux fils d'acier en même temps, j'en plongeois un dans le creuset plein d'eau ordinaire, & l'autre dans un des creusets plein d'eau chargée de sel. A chaque nouvelle expérience, je mettois dans le creuset d'eau ordinaire de nouvelle eau fraîche. L'acier trempé rouge couleur de cerise dans l'eau commune, ou dans de l'eau chargée de quelque sel, s'y est toujours endurci à un point tel, qu'il n'étoit pas possible de juger par la lime, s'il avoit pris plus de dureté dans l'une que dans les autres, elle ne pouvoit mordre sur l'acier trempé à ce degré de chaleur.

Pour donc découvrir si l'eau chargée de quelques sels étoit capable de produire sur l'acier un effet beaucoup plus considérable que l'eau simple, j'ai chauffé l'acier, dans le Plomb fondu, à divers

degrés de chaleur au dessous de la couleur de cerise. J'ai trempé en même tems dans l'eau pure un fil d'acier : quand il n'a pas eu assés de chaleur pour prendre dans l'eau commune une dureté considerable, pour s'y endurcir au point de résister à la lime, je n'ai jamais trouvé qu'il ait pris une dureté plus considerable dans l'eau empreinte de sel, ce qui me dispose à croire, qu'il y a peu à esperer des sels mêlés avec l'eau pour augmenter l'effet de la trempe.

Cependant qui voudroit étendre ces expériences aussi loin qu'elles le peuvent être, il resteroit à les faire sur des aciers préparés, pour être cassés de long, comme nous l'avons expliqués dans le memoire 10^e. On verroit si les sels apporteroient des changements dans les ordres de grainures, & les duretés de chaque ordre de grainure, étant essayées avec les pierres, donneroient sur cette matiere des éclaircissements complets, dont je ne sçai s'il y a beaucoup à se promettre pour la pratique ; mais nous avons averti que nôtre dessein n'étoit pas de traiter des trempes dans toute leur étendue, mais seulement d'en donner les notions les plus generales, & quelques vuës pour les perfectionner.

Quand on trempe l'acier extrêmement chaud dans l'eau froide, plus chaud qu'à la couleur de cerise, après qu'on l'a retiré de l'eau, sa surface est blanche, nette, il ne paroît dessus aucune crasse, rien de noirâtre ; c'est ce qu'on appelle de l'acier

bien découvert ; & quand un acier trempé à un degré de chaleur plus foible qu'un autre ; sort blanc de la trempe , on dit que cet acier se découvre bien. Les aciers se découvrent beaucoup mieux dans les eaux chargées de sels , que dans l'eau commune. L'acier qui n'est point découvert est celui sur lequel il reste une crasse ; cette crasse est composée de quelques matières terreuses , mais mêlées avec des matières grasses , qui ont été fournies par le charbon & par le fer même. Ce sont ces matières grasses qui lient ensemble les parties terreuses , & qui les attachent à l'acier ; si on plonge l'acier dans des eaux chargées de sels , le sel dissout ces matières grasses , il emporte la tache , comme le sel du savon emporte les taches du linge & des étoffes. Cette crasse , cette espece de tache ne reste point sur l'acier , ni même sur le fer trempés extrêmement chaud : la chaleur du fer & celle de l'acier étant montées à un certain point , tout ce qui arrive de gras , d'ontueux à leur surface est alors aussi-tôt consumé qu'il y est arrivé.

L'acier qui est trempé dans le vinaigre s'y découvre parfaitement ; il m'a paru aussi qu'il y prend plus de dureté que dans l'eau ordinaire , qu'il y devient plus cassant. Le Verjus produit un effet approchant de celui du vinaigre.

Parmi les secrets pour endurcir l'acier on met presque par-tout le jus de Raves. J'ai trempé l'acier en l'enfonçant dans les Raves mêmes. J'ai aussi fait exprimer du jus de Raves après les avoir pillées.

L'acier trempé dans ce jus, ou dans la Rave même ne m'a pas paru plus endurci que celui qui a été trempé dans le vinaigre, je ne sçai même s'il l'a été autant.

Mais une liqueur dont l'effet n'a pas été équivoque, c'est l'eau forte, j'y ay trempé de l'acier en différents états; je l'y ai trempé quelques fois si peu chaud, qu'à peine montreroit-il une nuance de rouge, regardé même dans l'obscurité; si on l'eût plongé alors dans l'eau froide, il en fût sorti très-limable; & quand il a été retiré de l'eau forte il étoit bien trempé, la lime n'y pouvoit mordre. Une différence si sensible ne peut être attribuée qu'aux esprits pénétrants de l'eau forte; sans doute qu'ils se sont introduits dans l'acier, il n'est pas surprenant que ces esprits actifs aient pénétré dans l'acier, pendant qu'un simple sel dissous avec l'eau n'a rien opéré. Il y a une grande différence d'activité, l'acier lui-même seroit bientôt entièrement divisé, rendu fluide, si on le laissoit long-temps dans cette liqueur; si on ne l'y laisse qu'un instant, il ne fait qu'y prendre beaucoup de durreté; une piece quelque délicate qu'elle fût ne seroit pas pour cela défigurée. Le succès de cette expérience doit faire rentrer l'effet des différentes sortes d'esprits pour l'endurcissement de l'acier.

J'ai encore éprouvé celui de l'esprit de sel marin, il a endurci l'acier trempé à un degré de chaleur, auquel l'eau commune ne l'eût point endurci, mais je doute qu'il ait autant produit d'effet que l'eau forte; aussi cet esprit n'est-il pas un aussi prompt

dissolvant du fer; il n'a pas autant de facilité à s'introduire dans ses parties.

Toute matiere qui refroidit l'acier le trempe; on peut le tremper dans des matieres grasses, ou huileuses, comme sont le suif, l'huile de lin, l'huile d'olive, l'esprit de vin, l'esprit de therebentine, des resines, &c. mais aussi est-il aisé de prévoir que ces matieres, aisément inflammables, peuvent aisément prendre un degré de chaleur approchant de celui de l'acier qu'on y trempe, sans lui ôter beaucoup de la sienne, par conséquent qu'elles ne le refroidiront ni si considérablement, ni si subitement que feroient d'autres liqueurs, ou même l'eau commune.

Il y a pourtant des cas où l'on doit avoir recours à des trempes analogues à celles qui peuvent être faites dans ces matieres. Certains outils n'ont besoin de dureté que jusqu'à un certain point; il n'est pas nécessaire que la leur aille jusqu'à résister à la lime, il leur faut du corps. Un Faiseur d'Instruments de Mathématique, qui a à tremper des pointes de compas, les chauffe à la chandelle, dont il darde la flamme avec le chalumeau successivement sur une des pointes; quand cette pointe a pris couleur, il l'enfonce dans le suif de la chandelle même, & la voilà assez trempée. Mais les faux nous donneront un exemple plus important d'un des cas, où ces sortes de trempes douces sont nécessaires. Si une faux étoit trempée au même degré que l'est une coignée, que l'est un rasoir, que l'est un

couteau

couteau , elle n'en couperoit que mieux l'herbe ; mais à la quantité d'herbe qu'elle a à abbatre , il est impossible que son taillant , de quelque façon qu'il soit trempé , ne s'émouffe bien des fois en un jour. Si elle étoit trempée au même point que les autres outils dont nous venons de parler , le faucheur seroit donc dans la nécessité de la faire émoudre plusieurs fois dans un jour ; quelle perte de temps , s'il avoit à la porter chaque fois chés un Taillandier : il faudroit peupler toutes les campagnes de cette espece d'Ouvriers. Les choses les plus communes dans les arts , sont pleines d'inventions ingénieuses auxquelles on ne prend pas garde. Il a fallu mettre le faucheur en état de faire les fonctions de Taillandier : pour cela on a imaginé , & rien ne l'est mieux , de donner aux faux une sorte de trempe , qui laisse à l'acier assés de corps , assés de souplesse pour qu'il puisse être applati par le marteau sans se casser. Au moyen de cet expédient , dès que le tranchant de la faux est trop gros , & trop mouffe , le faucheur le pose sur une petite enclume qu'il porte toujours avec lui , & à petits coups de marteau il le rend mince , il l'applatit ; au lieu de le faire user sur la grande meule du Taillandier , il n'a plus qu'à repasser le tranchant avec une pierre qui n'est guere plus grande que les pierres à rasoirs , mais dont le grain est plus gros. Il est vray que le tranchant de la faux n'est pas aussi vif que ceux des outils , dont la trempe est plus cassante , la lime même peut mordre dessus. Mais la gran-

deur de la masse dont il fait partie, la longueur du manche auquel il tient, enfin la vitesse avec laquelle la faux est poussée, tout cela ensemble fait que son taillant peut couper l'herbe, quoiqu'il n'ait pas une extrême dureté.

Nous nous sommes un peu arrêtés à cet outil, nous ne voulons pourtant pas entrer dans le détail des différentes trempes que divers Ouvriers lui donnent; cela est du ressort de la Taillanderie, & nous meneroit loin. Une page suffiroit à peine pour nommer toutes les drogues que quelques Ouvriers font entrer dans cette espece de trempe; ils la composent de la plûpart des minéraux, & même des préparations de minéraux, de plantes d'un grand nombre d'especes différentes, & sur-tout de plantes d'odeur forte. C'est la thériaque des Taillandiers: je ne sçai s'il y a autant à retrancher de la veritable thériaque que de celle-cy; mais je sçai que quelques Ouvriers font entrer dans la trempe de leurs faux bien des matieres inutiles, & d'autres peut-être nuisibles. Le fond se réduit à tremper la faux dans le suif, ou dans des matieres équivalentes: je ne sçai même si en la trempant dans l'eau bouillante, ou chauffée à un certain point, on ne donnera pas à son taillant le degré de dureté & de souplesse qui lui sont nécessaires. Mais comme nous l'avons dit, cela regarde un autre art.

Pour dire cependant un mot de nos matieres grasses, & de nos matieres huileuses, j'ai trempé de l'acier dans le suif, dans le beurre, dans la cire, dans l'huile,

dans la resine, dans l'esprit de vin, & dans le savon. Toutes ces trempes n'endurcissent pas autant que celle à l'eau froide; il en est de celles-ci comme de celles à l'eau bouillante, ou chaude. Si par exemple, on trempe de l'acier couleur de cerise dans de l'esprit de vin, il n'y prend pas une dureté suffisante pour résister à la lime, & si on trempe l'acier plus chaud dans la même liqueur, il en sortira assés dur pour que la lime ne puisse mordre dessus.

Si on trempe dans l'eau de vie, elle durcira l'acier, trempé à un degré de chaleur où il ne se fût pas endurci dans l'esprit de vin; elle ne l'endurcit guere moins que l'eau commune: aussi la plus forte eau de vie contient-elle considerablement de cette eau commune, comme on le peut voir par le curieux memoire de M. Geofroy le jeune imprimé parmi ceux de l'Academie de l'année 1718. p. 35. il y enseigne les manieres les plus exactes d'éprouver l'eau de vie, & l'esprit de vin. il trouve que de bonne eau de vie, loiale & marchande, après avoir été brulée, laisse la moitié de son poids de flegme pur. Cette partie qui a été brulée est celle qui eût composé l'esprit de vin, si on l'eût reçue dans un recepient. Cet esprit de vin mis à l'épreuve, donne lui-même bien plus de la moitié de son poids en flegme; & ce qu'il en donne n'est pas probablement, à beaucoup près, tout ce qu'il en contient.

Venons à present à considerer l'acier par rapport aux dispositions qu'on peut lui donner pour être plus susceptible de la trempe. Suivant ce que nous

avons dit de la cause de son endurcissement subit, & même de la cause de la transformation du fer en acier, il ne paroît pas qu'il y ait rien de plus avantageux à faire, que de remplir les interstices, qui sont entre les molécules de l'acier, de plus de parties sulfureuses & salines. Pour y parvenir qu'y a-t'il de mieux que de le chauffer au milieu de matieres qui lui en puissent fournir? C'est à quoi tendent les trempes en paquet. Nous nous sommes déjà trouvés dans la nécessité de parler plus d'une fois de ces sortes de trempes, elles ne sont point une façon particuliere de tremper l'acier; car ici on trempe à l'ordinaire l'acier dans l'eau froide; mais elles supposent une façon particuliere de le chauffer avant de le tremper; au lieu de lui faire prendre la couleur de cerise en le posant immédiatement au milieu des charbons, on le renferme dans des boîtes de tole, dont toutes les jointures sont bien enduites de terre, afin que la flamme ne trouve point d'entrée dans ces boîtes. Il y est environné des ingredients convenables. On l'y fait chauffer une, ou plusieurs heures, & dans l'instant qu'on le retire de la boîte on le plonge dans l'eau.

Les bases des trempes en paquet, ou les principales matieres dont on enveloppe les pieces qu'on veut chauffer pour leur donner cette sorte de trempe, sont des suyes ou du charbon; la suye ordinaire y est très-souvent employée; chaque Ouvrier a sa methode pour rendre sa trempe en paquet meilleure; & selon leur louable equitè, ils en font mystere.

On ne peut rien de mieux , & de plus utilement inventé par rapport aux trempes , que cette façon de tremper. Nous avons vû grand nombre de fois, que dès qu'on augmente la dureté de l'acier, qu'on le rend plus cassant , & qu'en même temps on grossit son grain , ce qui est un vray inconvenient. Au moyen des trempes en paquet, on peut le rendre plus dur , sans le rendre plus cassant , & sans lui donner un grain plus gros. Et cela parce qu'un acier qui a été trempé en paquet , ou plus exactement parlant, qui a été trempé après avoir été recuit en paquet, parce que dis-je cet acier n'étant trempé que couleur de cerise , fera aussi dur que s'il eût été trempé presque blanc , sans avoir été recuit : on donne de la dureté en conservant le corps de l'acier , & la finesse de son grain.

Mais les trempes ou recuits en paquet ne sont pas seulement faits pour l'acier , ils endurent le fer , ils le rendent susceptibles de la trempe. C'est avec les trempes en paquet qu'on donne aux limes de fer une dureté à peu près égale à celle des limes d'acier , qu'on endurent les platines & divers autres pieces des fusils.

Pour prendre des idées plus nettes des effets de cette trempe , considérons d'abord ce qu'opèrent sur le fer les recuits qu'on lui donne , lorsqu'on lui fait souffrir un long feu après l'avoir enveloppé des fuyes & d'autres matieres. Il est visible que cette operation tend à convertir le fer en acier , les expériences que nous avons rapportées dans les mémoi-

res qui ont cette conversion pour objet, n'en sçau-
roient laisser douter, ce sont même nos recuits des
trempes en paquet, qui m'ont donné le plus de lumie-
res, pour découvrir la maniere de faire cette conver-
sion. Quand on retire le fer du paquet où il étoit
renfermé, sa premiere couche est devenuë acier.
Si on le trempe alors dans l'eau, il n'est donc pas
étonnant qu'il y prenne une dureté qu'il n'y au-
roit pas prise auparavant. Si on casse cette piece,
on lui voit tout au tour un cordon formé de grains
pareils à ceux qu'a l'acier trempé. Mais si les trem-
pes en paquet nous ont conduit à l'art de convertir
le fer en acier, cet art à son tour nous met en état
de voir, pourquoi ces trempes operent, & de les
porter au point de perfection, où elles peuvent
aller.

Si c'est de l'acier qu'on recuit pour le tremper
en paquet, les matieres dont il est environné le
rendront, pour ainsi dire plus acier, l'éleveront à
un plus haut degré d'acier, en feront un acier plus
fin; il s'endurcira donc davantage étant trempé
au même degré de chaleur, selon une des regles,
que nous avons données dans ce memoire. L'acier
qui chauffe dans le paquet est environné de ma-
tieres qui abreuvent sa surface de soufres, & de sels;
la quantité de soufres, dont il étoit penetré naturel-
lement, est donc augmentée, il en a donc davan-
tage entre ses parties, que si le feu eût seulement
fait sortir de dedans ses parties une portion de ce
qui y étoit. Lorsqu'on trempera cet acier, plus pe-

netré de souffres , & de fels , quoiqu'on le trempe au même degré de chaleur , après la trempe il aura plus de dureté qu'il n'en eût eu.

Mais ce qui est surtout à remarquer icy , c'est que si le recuit, qui a précédé la trempe, n'a pas été d'une longue durée, les souffres & les fels n'auront pas pénétré avant , il n'y aura que ce qui sera proche de la surface qui aura pris une disposition à s'endurcir davantage , le reste aura donc autant de corps , que s'il n'eût pas été trempé si dur.

Quoique la ressemblance soit parfaite pour le fond entre les recuits des trempes en paquet , & ceux qu'on employe pour convertir le fer en acier, il y a pourtant des matieres qui conviendroient aux uns , & qui ne conviendroient pas aux autres ; il y a des matieres qu'on doit éviter, lorsqu'il s'agit de convertir le fer en acier , & qu'on doit prendre par préférence pour les trempes en paquet. Les raisons de ces différences nous ouvriront en même temps un chemin pour perfectionner nos trempes. Après que le fer a été converti en acier , cet acier a à soutenir plusieurs chaudes , il faut qu'il résiste au marteau sans s'entr'ouvrir , sans se gerfer , que ses parties aient de la disposition à se réunir. Quand on fait de l'acier on doit donc se donner de garde d'employer les matieres qui le rendent trop difficile à travailler. On doit de même éviter de faire produire sa conversion par des matieres trop volatiles , qui s'échapperoient dans quelques chaudes , qui le laisseroient trop s'affoiblir. Il n'en est pas

de même des aciers qu'on recuit en paquet pour les tremper ; ils sont actuellement façonnés en outils ; car on doit sçavoir qu'on ne trempe l'acier en paquet , ni autrement , qu'après lui avoir donné la forme sous laquelle il doit rester : en sortant du recuit , on trempe ces outils , & on ne s'embarasse pas qu'ils soutiennent difficilement le marteau , on ne doit plus les forger ; que leur dureté vienne de matieres très-volatiles , c'est aussi ce qui n'importe point , puisqu'ils n'ont plus à être remis sur le feu.

Mais les matieres qu'on cherche au contraire sont celles qui peuvent leur donner plus de dureté , & les penetrer le plus promptement. Au lieu que dans la conversion du fer en acier , on veut que les matieres sulfureuses parviennent jusqu'au centre , afin de le rendre parfait acier , ici il seroit à souhaiter que les matieres qu'on employe pour les recuits , ne passassent pas par-delà les premieres couches. Ce sont ces premieres couches qu'on a besoin d'avoir dures. On veut du corps aux couches suivantes , de là naissent quelques regles.

1°. Les matieres les plus propres à durcir l'acier , & à le penetrer aisément , sont les meilleures pour nos trempes.

2°. Plus on peut recuire vite & à petit feu , & meilleure est la trempe. Si le degré de chaleur n'alloit qu'à rougir la surface d'un rouge foncé , noirâtre , ou un peu par-delà , la trempe en seroit plus parfaite ; car alors l'interieur de la piece , qui est toujours moins échauffé , n'a encore que le degré de

de chaleur d'une couleur noire; d'où il suit que les matieres sulfureuses & salines, qui ne s'introduisent que dans les endroits, où elles sont portées par le feu, alors ne seroient pas portées beaucoup par-delà la surface.

3°. Or pour recuire vite à petit feu, il faut les matieres les plus propres à pénétrer le fer. Pour bien juger de l'efficacité des matieres qui doivent être employées pour ces sortes de recuits, pour en faire les expériences, il ne faut donc pas seulement être attentif au degré de dureté, que différentes matieres peuvent donner au fer ou à l'acier, il y a nombre de matieres, qui les peuvent rendre l'un & l'autre aussi durs par la trempe qu'on le peut souhaiter; & il ne seroit pas aisé de décider de la différence qui seroit entre les degrés de dureté produits par différentes matieres. Mais il s'agit de voir quelles sont les matieres qui en moins de temps, & à un moindre degré de chaleur rendent le fer plus dur. Je dis le fer, parce qu'il est beaucoup plus propre que l'acier à nous montrer le succès des recuits: l'acier prenant toujours une dureté considérable à la trempe, le succès des expériences pourroit être plus difficile à démêler.

Dans celles que j'ai faites, pour m'instruire sur les trempes en paquet, j'ai donc choisi le fer: ce qu'elles nous apprennent de plus favorable pour le tremper en paquet, le fera aussi pour tremper l'acier. J'ai renfermé dans différents creusets des morceaux de fer de mêmes dimensions, & de même qua-

lité, & entourés de différentes matieres. Je vais rapporter quelques-unes des principales expériences que j'ai faites, elles fourniront des trempes qui me paroissent telles qu'on les peut demander; si cependant on le juge à propos, on pourra multiplier ces expériences, la matiere n'en fera que mieux approfondie.

1°. J'ai essayé la fuye de cheminée toute seule.

2°. J'ai aussi essayé de la savate reduite en charbon; les Ouvriers qui se piquent de bien tremper en paquet la preferent à la fuye. Mais il m'a été difficile de m'appercevoir de differences qui fussent en faveur de la savate. Si elle a quelque avantage, il est si peu considerable qu'il est aisé de le rendre à la fuye, & même de lui rendre plus, par l'addition de quelques-unes des matieres dont nous parlerons. D'ailleurs la fuye est plus aisée à recouvrer, ce qui est quelque chose, quand il s'agit de tremper une grande quantité de fer.

3°. J'ai ensuite essayé de la fuye détrempee avec l'urine; la plupart de ceux qui trempent des limes en paquet n'y cherchent point d'autre façon. Ils prennent par preference l'urine la plus vieille & la plus épaisse. On détrempe la fuye avec l'urine a consistance de pâte, & on enveloppe de cette espece de pâte les pieces de fer. L'urine a acceleré l'effet de la fuye, le fer en a été plutôt en état de prendre la trempe.

4°. J'ai essayé le charbon de savate détrempe avec l'urine, & j'ai comparé son effet avec celui

LE FER FORGE' EN ACIER. 371

de la fuye détrempée aussi avec l'urine, je n'ai point reconnu encore dans cette épreuve que la favate eût quelque avantage.

5°. J'ai mêlé une partie de fleurs de soufres avec deux parties de fuye, sans y ajouter d'urine : le soufre a paru arrêter l'effet de la fuye. Le fer n'a pas pris de dureté, quoiqu'il eût été bien durci pendant le même temps par de la fuye demêlée avec l'urine.

6°. Dans une autre expérience j'ai mêlé une partie de sel marin réduit en poudre, avec de la fuye seule. La fuye détrempée avec l'urine n'a pas à beaucoup près, autant endurci le fer pendant le même temps, car il faut toujours remarquer qu'il s'agit ici principalement de la durée du recuit.

7°. Pour continuer à éprouver l'effet des sels, j'ai mêlé du sel marin dans de la fuye détrempée avec l'urine.

8°. Dans d'autre fuye détrempée avec l'urine j'ai mis même poids de sel ammoniac en poudre.

9°. Dans la fuye détrempée avec l'urine, j'ai mêlé du sel de verre.

10°. Dans la fuye détrempée avec l'urine, j'ai mêlé de la potasse.

Ces quatre derniers essais aiant été faits pendant la même durée de feu, le fer entouré de sel ammoniac a pris le plus de dureté, quoique sa place par rapport au feu fût une des moins favorables. La composition où étoit entré le sel marin avoit durci, mais moins ; celle des deux autres sels n'avoit

rien produit. Si l'effet du recuit est accéléré par le sel marin, il l'est donc encore plus par le sel ammoniac. Quand je dis que les autres sels n'avoient rien produit, je ne veux pas dire qu'ils n'eussent rien produit par la suite; il s'agit de leur effet dans le temps qui avoit suffi au sel ammoniac & au sel marin pour agir efficacement.

11°. Dans une autre expérience à la place d'un des sels précédents, j'ai mis de la gravelée.

12°. Dans un autre du vitriol.

Mais de toutes les expériences que j'ai faites sur les sels, il en a résulté que le sel ammoniac & le sel marin étoient ici bien supérieurs aux autres, mais que le sel ammoniac l'emportoit sur le sel marin.

13°. Mes essais sur la conversion du fer en acier m'ont fait connoître une matiere qui rend le fer un acier plus dur qu'aucun autre, & aussi plus intraitable, c'est la fiente de pigeon brûlée, & réduite en charbon, je m'en suis promis beaucoup. Je l'ai essayée plusieurs fois; seule, elle a produit autant d'effet que la suye détrempée avec l'urine, & mêlée avec la moitié de son poids de sel marin.

14°. Je crois donc que pour faire un recuit aussi prompt & aussi efficace qu'on le puisse souhaiter, il n'y a qu'à prendre de cette fiente détrempée avec l'urine, & mêlée avec du sel ammoniac, ou du sel marin. L'expérience m'a appris que le fer s'y endurecissoit en très-peu de temps, je ne sçai si on parviendra à faire mieux.

15°. Au lieu de suye j'ai aussi employé du char-

bon de terre reduit en poudre, & mêlé avec le sel marin, & cela conduit encore par mes expériences sur la conversion du fer en acier. Il a bien durci, & je ne sçai s'il n'a pas fait plus d'effet que la fuye.

Il nous reste à parler d'un recuit d'une autre espece que celui qu'on donne aux ouvrages d'acier pour les tremper plus durs, d'un recuit qu'on leur donne au contraire pour les ramollir. Si l'acier qui a été trempé le plus dur, est remis au feu, qu'on lui fasse prendre un degré de chaleur approchant de celui qu'il avoit lorsqu'il a été plongé dans l'eau, on lui fera perdre la dureté qu'il avoit acquise; il redevient mou, limable; le chauffer ainsi, est ce qu'on appelle le recuire. Mais outre ce degré de chaleur, entre ce recuit qui rend l'effet de la trempe absolument nul, il y a une infinité de recuits de degré de chaleur moyenne, qui n'ôteront à l'acier qu'une partie de sa dureté, & qui lui rendront une partie de sa souplesse.

Comme on n'est pas maître de tremper un outil d'acier précisément au degré de chaleur qu'on souhaiteroit, qu'en voulant ne lui faire prendre que la dureté nécessaire, on pourroit lui en faire prendre trop peu; l'usage est de tremper dans l'eau froide les outils d'acier fin, après les avoir rougi à peu près en couleur de cerise. On laisse cette dureté aux ouvrages à qui elle convient, & on en ôte à ceux qui n'ont pas besoin d'en avoir tant, mais qui ont besoin d'avoir plus de corps; & on leur en ôte

plus ou moins , selon l'usage auquel ils sont destinés , & aussi selon la qualité de l'acier dont ils sont faits. De deux ciseaux , dont l'un est destiné à couper le fer à froid , & l'autre à couper du bois , on ôtera plus , par le recuit , de la dureté du ciseau qui n'aura à agir que sur le bois.

Ce seroit encore matière à un assés long traité , que d'examiner à fond ce qui concerne les différentes sortes de recuits , la maniere de les proportionner aux différentes sortes d'ouvrages , & aux ouvrages faits de différents aciers ; mais nous nous restraindrions encore ici , comme nous l'avons fait par rapport aux trempes , aux notions les plus generales.

On connoît par la couleur de l'acier , s'il est assés chaud pour être trempé ; de même connoît-on par sa couleur s'il est assés détrempe , s'il est recuit au point où on le veut. La piece qu'on recuit doit être placée sur les charbons de maniere qu'on puisse apercevoir les différentes couleurs qu'elle prend successivement. Supposons qu'elle y a été mise , mais supposons de plus que cette piece , ce morceau d'acier quel qu'il soit , avant d'être trempée a été au moins polie à la lime , que sa couleur est blanche , d'un blanc qu'ont le fer ou l'acier polis ; supposons encore que les charbons sur lesquels nous l'avons placée sont peu vifs , qu'ils ne scauroient l'échauffer que lentement. Si nous observons à présent les changements qui vont se faire à la surface , nous verrons d'abord le blanc de l'a-

cier devenir plus pâle ; il prendra une nuance du jaune le plus foible , cette nuance se fortifiera par degrés , & enfin le jaune parviendra à être ce que les Ouvriers appellent couleur d'or , & qui dans les aciers bien polis l'est réellement. Si l'acier continuë à s'échauffer de plus en plus , la couleur d'or commencera à disparaître , elle se mêlera avec une légère teinture de pourpre : enfin tout ce qui étoit couleur d'or , deviendra pourpre. Le pourpre prendra des nuances de plus foncées en plus foncées , il deviendra violet. Le violet se changera ensuite en un beau bleu foncé , ce bleu se delaiera insensiblement , & il deviendra bleu clair , & du plus clair. Enfin la dernière des couleurs qu'on pourra suivre fera la couleur d'eau , qui est pour ainsi dire le dernier degré de bleu. Il n'y a plus de nouvelle couleur à observer , entre cette dernière & la première nuance de rouge , que la chaleur augmentée donnera à l'acier.

Si l'acier à qui on fait prendre couleur est chauffé également dans toute son étendue , il paroîtra par-tout d'une des couleurs , ou d'une des nuances de couleurs , que nous venons de déterminer ; mais s'il est chauffé inégalement , les couleurs seront différemment distribuées comme les degrés de chaleur. Qu'on le chauffe par un bout , & que la chaleur qu'acquerra le reste lui soit toute communiquée par celle du bout , qui insensiblement gagnera de proche en proche ; alors on trouvera bientôt sur l'acier la suite entière des couleurs , & de toutes

leurs nuances. A mesure que le jaune foible, qui fera la nuance la plus éloignée du bout, avancera, il se fera un changement dans chacune des couleurs, qui la précédent.

Quand l'acier a été bien poli, & chauffé avec des précautions que nous ne devons pas expliquer ici, ces couleurs ne le cedent en beauté, & en vivacité, à aucune des plus éclatantes couleurs de la peinture. Au reste on sçait qu'elles sont fixes quand on le veut; dès que l'endroit, qui a pris une certaine couleur, n'augmentera plus en chaleur, il conservera cette couleur. Il n'est personne qui n'ait vû de l'acier en violet & en bleu, on lui donne ces couleurs pour embellir encore les plus beaux ouvrages, & sur-tout ceux qui sont dorés; & la première fois qu'on la vû ainsi coloré, on aura été tenté de croire que c'étoit une couleur rapportée avec le pinceau, au moins n'auroit-on pas imaginé, qu'un léger degré de chaleur a suffi pour la lui donner.

Au reste il n'en est point de ces couleurs, comme des differents rouges qu'une chaleur plus violente donne à nôtre métal, ces dernières pénètrent l'acier de toutes parts; l'acier est rouge interieurement, ou en état interieurement de produire sur nous le sentiment de rouge, comme à la surface; au lieu que le bleu, le violet, la couleur d'or, dont nous venons de parler, sont seulement à la surface de l'acier. Laisés refroidir lentement, ou refroidissés subitement l'acier qui a pris une de ces belles couleurs, sa surface conservera cette couleur;

mais

LE FER FORGE' EN ACIER. 377

mais emportés avec la lime la premiere surface, cassés votre morceau; au-dessous de la premiere surface, & dans tout l'intérieur, vous ne trouverez plus que la couleur blanche qui lui est naturelle. La propriété de se colorer ainsi par differents degres de chaleur n'est pas particuliere à l'acier, elle lui est commune avec le fer; mais le fer ne prend pas de si belles, & de si vives couleurs que l'acier, & les prend moins aisément.

Si on veut chercher la cause de ces differentes couleurs qui paroissent à la surface de nôtre acier, il faut encore avoir recours aux parties sulfureuses de ce métal. Et après tout si nous n'y avions pas recours, il nous faudroit chercher ailleurs des souffres pour produire cet effet. Une chaleur douce les fait élever, les conduit jusqu'à la surface, & ils lui donnent des couleurs differentes selon la quantité qu'il y en a de rassemblés. Mais il n'y a qu'une chaleur mediocre qui puisse teindre la surface de l'acier par les souffres qu'elle y conduit; si la chaleur étoit plus considerable, elle brûleroit ces matieres inflammables, elle ne leur permettroit pas de s'arrêter sur la surface.

On remarque que l'acier qui a pris couleur se rouille moins vite que l'acier qui est resté blanc; je n'en ai pourtant pas fait une expérience suivie; mais ceux qui craignent le rouille pour leurs fusils, en font mettre les canons en couleur d'eau. Il est très-connu que l'huile empêche ce métal de se rouiller, la couche mince de matieres huileuses,

378 L'ART DE CONVERTIR

ou sulfureuses qui le colorent, doit donc aussi le préserver de la rouille, au moins jusqu'à un certain point.

Les taches appelées roses, qu'on trouve dans l'intérieur de l'acier, doivent leur origine aux mêmes matières, qui pendant une chaleur plus considérable, & dans des aciers encore plus chargés de ces matières, ont été poussées vers le centre de la bille, comme elles le sont ici à la surface. Ou si l'on veut la chaleur, qui a mis ces soufres en mouvement, a brûlé les plus proches de la surface, & a laissé les intérieurs sur qui elle a eu moins d'action.

Qu'on n'ait pas au reste le moindre doute, si les matières sulfureuses qui colorent notre acier, viennent de l'acier même, ou si elles ne viennent point des charbons sur lesquels on le fait chauffer; si ce n'en sont point les fumées qui s'attachent à sa surface; un fait que nous avons besoin de rapporter, pour revenir à nos recuits, ôte toute incertitude. Après qu'on a chauffé un outil d'acier, & qu'on l'a eu trempé dans l'eau, si on le retire sur le champ, il est encore chaud, & sur-tout intérieurement; l'eau n'a eu le temps de bien refroidir que la surface. Dès qu'il est hors de l'eau, la chaleur, que son intérieur a conservée, se communique de proche en proche, la surface s'échauffe, & échauffée à un certain point, elle paroît jaune pâle, ensuite couleur d'or, violette, bleuë; en un mot si l'acier a été retiré vite de l'eau, il se peindra successivement de toutes les couleurs qu'on lui eût fait prendre en le

chauffant sur les charbons; les couleurs que prend cet acier au milieu de l'air, ne viennent donc que des matieres qui sont dans sa substance propre.

Mais pour revenir à nos recuits sur lesquels nous ne pouvions rien dire de net, jusqu'à ce qu'on connût les ordres des différentes couleurs, par où passe l'acier à mesure qu'il s'échauffe. Il est clair que ces recuits mettent les souffres de l'acier en mouvement, & il est naturel d'en conclure que comme ils en amènent à la surface de l'acier, qu'ils en mettent d'autres en état d'être repris par ce métal. Ce qui est de certain, & sur quoi est fondé l'effet qu'on attend du recuit, c'est qu'il change le grain. Qu'un acier ait été trempé à un degré de chaleur tel, qu'il ait pris un grain blanc, ou un grain mêlé; qu'on casse ce morceau d'acier en deux; qu'on conserve un des morceaux, & qu'on donne un recuit à l'autre, jusqu'à ce qu'il soit bleu clair, ou couleur d'eau; quand il sera refroidi qu'on le casse; qu'on compare cette cassure avec celle qu'on a conservée, on trouvera celle du morceau recuit d'un grain plus fin: mais ce qu'on remarquera beaucoup plus distinctement, c'est que le grain de cette dernière cassure sera plus terne que celui de l'autre. On a donc remis l'acier dans un état pareil à celui, où il se seroit trouvé s'il eût été trempé moins chaud, ou au degré de chaleur qui donne le grain qu'il a après le recuit.

Il y a deux manieres differentes de recuire un outil, comme nous avons vû deux manieres de

faire prendre couleur à l'acier. La première est de tremper l'outil, & de le laisser entièrement, ou presque entièrement, refroidir dans l'eau, où il a été trempé, & de le porter ensuite sur les charbons allumés, jusqu'à ce qu'il y soit échauffé au point convenable. La seconde est de tirer l'acier de l'eau immédiatement après qu'il y a été plongé, on laisse ensuite venir les couleurs sur sa surface, on le laisse, pour ainsi dire, se recuire lui-même, & quand sa surface a la nuance de couleur qui convient au recuit, on trempe l'outil une seconde fois, on le laisse dans l'eau jusqu'à ce qu'il soit entièrement refroidi. Par exemple, si on veut que le tranchant d'un outil reste très-dur, on lui laissera prendre la couleur d'or, & aussitôt on le trempera, de crainte qu'il ne fût trop recuit, trop détrempe, si on avoit laissé monter la couleur jusqu'au violet. Pour un autre outil à qui l'on veut plus de corps, on lui laissera prendre le bleu, & on le trempera alors, pour l'empêcher d'aller jusqu'à la couleur d'eau. Il y en d'autres à qui on laissera prendre toute la couleur qu'ils peuvent prendre de la sorte sans les tremper une seconde fois, on ne craint pas qu'ils se recuisent trop par la chaleur que leur a laissée la trempe.

Mais il y a un terme par-delà lequel le recuit étant poussé, il ôtera à l'acier toute la dureté qu'il tenoit de la trempe, & pour arriver à ce terme, il ne faut pas, à beaucoup près, donner à l'acier le degré de chaleur qu'il avoit quand il a été trempé.

LE FER FORGE EN ACIER. 387

De l'acier qui aura été trempé blanc, ou presque blanc, sera entièrement detrempé, si après l'avoir remis au feu, on lui fait prendre les premières nuances de rouge. Dès que l'endurcissement de l'acier dépend des soufres qui sont fixés entre ses molécules, la raison de ce fait est simple. L'acier se fait aisément des soufres, & retient ceux dont il s'est saisi. Dès que la chaleur aura été assez forte pour fondre ceux qui ont été refroidis entre les molécules, ils rentreront dans les molécules, sans qu'il soit nécessaire que l'acier soit aussi chaud, qu'il l'étoit lorsqu'ils en sont sortis; la disposition naturelle de l'acier favorise leur entrée, & s'oppose à leur sortie.

Quand on fait recuire un outil à la forge, il n'est pas toujours aisé de voir la couleur qu'il y a prise; les environs de la forge sont rarement assez éclairés, souvent la surface de l'outil est crasseuse, ce qui empêche les couleurs de bien paroître. Pour juger donc si l'outil a eu assez de recuit, il faut dans ces circonstances, qui sont les plus ordinaires, avoir recours à de petits expédients. Il y a des outils qu'on frotte d'huile avant de les recuire, l'huile qui brûle apprend que la durée du recuit a été suffisante: après avoir un peu chauffé d'autres outils, on les frotte avec un morceau de bois sec, & l'on juge si l'outil a eu trop, ou trop peu de recuit par la façon dont le bois brûle. Mais ce sont-là précisément les détails où nous ne nous sommes pas proposés d'entrer, & qui regardent d'autres arts.

Mais nous voilà loin, même depuis du temps, de notre art de convertir le fer forgé en acier ; après avoir éclairci ce qui le regarde directement, nous avons crû devoir expliquer quelques-unes de ses dépendances ; ne trouvera-t-on point que nous les avoûs trop étenduës ? elles nous laissent pourtant encore beaucoup à dire.



L'ART

D'ADOUCCIR

LE FER FONDU,

OU

L'ART

DE FAIRE DES OUVRAGES

DE

FER FONDU

AUSSI FINIS

QUE DE FER FORGE.

L'ART
D'AMÉRIQUE
LE FER PONTON

L'ART
DE FAIRE DES GUYAGES
LE FER FOND
AUSI FOND
OUT DE FER FOND

L'ART



L'ART D'ADOUCCIR LE FER FONDU,

OU

L'ART DE FAIRE DES OUVRAGES
de Fer fondu aussi finis, que de Fer forgé.

PREMIER MEMOIRE.

*Des différentes sortes de fontes de Fer, ou de Fers fondus,
& de leurs qualités ; de la maniere de rendre ces fontes
plus pures ; & à quoi il a tenu qu'on ne fit de Fer
fondu quantité d'Ouvrages, qu'on peut faire de Fer
forgé.*

LE caractere le plus sensible qui distin-
gue les métaux, des minéraux, & des
pierres, c'est de se laisser étendre sous
le marteau, d'être malleables. Mais dès
que le fer a acquis cette propriété, dès qu'il a
pris, pour ainsi dire, le principal caractere métal-

Ccc

lique, il differe des autres métaux en ce qu'il n'est pas fusible par la force du feu de nos fourneaux. Tout fer forgé, tout fer en barres peut au plus être réduit en une sorte de pâte assez molle pour tomber par gouttes; & c'est ce que nous avons nommé du fer chauffé fondant; mais il ne peut plus être rendu liquide comme le peuvent être le Plomb, l'Etain, le Cuivre, l'Or & l'Argent. On parvient pourtant à le mettre en fusion, mais c'est en lui donnant des fondants qui le ramènent en quelque sorte à son premier état, à celui où il étoit immédiatement après avoir été tiré de la mine. Ainsi refondu il perd sa malleabilité & sa souplesse, il redevient presque aussi dur, & aussi cassant qu'il l'étoit avant d'avoir été affiné: la plupart même des fondants le rendent très-spongieux.

— Pour faire des ouvrages de fer, forgé en barres, on est donc contraint de travailler ce métal au marteau, à la lime, au ciseau, au burin, ou avec d'autres outils semblables; & si on en excepte le marteau, c'est presque toujours à froid qu'on le façonne avec ces outils. Or comme il est alors très-dur, on n'en peut faire des pieces qui aient des ornemens recherchés & finis, qu'avec un temps considérable. Il y a tel clef qui a occupé pendant plusieurs mois un Ouvrier habile. Quand les pieces sont grosses, la difficulté augmente encore par une autre considération; on commence par faire forger une masse de fer, composée de plusieurs barres, d'où on puisse comme d'un bloc de mar-

bre, tirer la figure dont on a fait faire le dessein, ou le modele; cette masse, faite de diverses barres soudées les unes contre les autres, n'est pas toujours d'une tiffure, d'une solidité, aussi uniforme que le bloc de marbre, auquel nous venons de la comparer; souvent il reste dans l'interieur des fentes, des crevasses, des endroits mal réunis; & quelques fois on ne parvient à découvrir ces endroits défectueux, qu'après avoir emporté bien du métal avec le ciseau. Il n'est que trop ordinaire que de pareils défauts rendent inutile tout le travail precedent; on est obligé d'abandonner la piece, pour en forger une nouvelle, avec le même risque; c'est ce que les Ouvriers appellent faire un *pâté*, & il leur arrive quelques fois de faire deux ou trois de ces mauvais *pâtés*, avant de parvenir à une masse de fer, qui merite d'être employée. Mais le prix de ces fortes d'ouvrages peut encore mieux mettre au fait du temps qu'ils demandent. Les Curieux de fer bien travaillé connoissent, à Paris, le marteau, ou en terme de Serrurie, la boucle de la porte cochere de l'Hôtel de la Ferté, rue de Richelieu, il a coûté sept cens livres dans une année où tout étoit à sa commune valeur; on paie quelque fois plus cher des gardes d'épée bien ciselées, qu'on nomme par honneur des gardes d'acier, quoiqu'elles ne soient pour l'ordinaire que de simple fer; mais ici ce n'est pas la matiere qui enchérit l'ouvrage. A la verité ceux de fer de ce prix excessif ne sont pas communs, il seroit même dom-

mage qu'on les multipliât jusqu'à un certain point; ce sont choses, dont on peut fort bien se passer, & qui consomment trop de temps, qui peut être mieux employé. Mais il seroit agreable, qu'on les pût faire à juste prix, & il seroit avantageux, surtout pour la décoration des grands Edifices, & des maisons des Particuliers, qu'on pût faire à bon marché de beaux ouvrages de ce métal. Les balcons, les grilles, les portes grillées, les rampes d'escalier ne sont pour l'ordinaire que d'un travail médiocre; on n'y met rien de bien limé, de recherché, de poli; ou si on y veut quelque chose de tel, on est forcé d'abandonner le fer: on lui substitue le cuivre, qui, quoique plus cher, revient à beaucoup moins étant mis en œuvre. Ce qu'il y a en fer dans ces grands ouvrages ne sont guere que des barres, ou lames roulées ou contournées, & au plus quelques ornements de toile embourie, toujours longs à finir, & rarement assés beaux pour être regardés de près. A peine peut-on citer dans le Royaume quelques grands morceaux de fer massif bien travaillés, telles que sont les fameuses portes du Château de Maison près Poissy; ce sont de magnifiques ouvrages; mais il n'y a guere que des Souverains, ou ceux qui gouvernent leurs finances, qui puissent faire exécuter quelque chose de pareil. On assure que ces portes, qui ne consistent qu'en trois battants, ont été autrefois païées soixante-neuf mil écus: à combien reviendroient-elles aujourd'huy? Enfin on n'ose entreprendre de

grands & beaux Ouvrages de fer forgé à cause des sommes excessives qu'ils coûteroient.

Le prix des ouvrages de Cuivre, & même de ceux d'Or, d'Argent est considérablement diminué par la facilité qu'on a de les jeter en moule, & de les réparer quand ils en sont sortis : sans cette facilité nous n'aurions point ces superbes Statuës, ces grands morceaux de bronze, & une infinité d'ouvrages de cuivre plus communs, mais plus nécessaires. A la vérité le fer avant d'être parvenu à l'état de fer forgé, le fer tel qu'il a été tiré de la mine, en un mot le fer qu'on appelle fonte de fer, se coule en moule : nous devons à cette manière de le mouler divers ouvrages, mais qui ne sont pas d'une grande beauté, & qui n'ont de valeur que proportionnellement à leur poids, comme les contrecœurs des cheminées, les poêles, les pots, & les marmites de fer, des vases à fleurs, des tuyaux de conduite d'eau, des canons, &c. Mais on ne fait de cette matière aucunes pièces de prix ; les usages mêmes auxquels on l'emploie sont très bornés. Nous osons pourtant nous promettre qu'on fera dans peu, avec cette même fonte de fer, des ouvrages aussi beaux, aussi finis, que s'ils étoient de fer forgé, ou même d'acier, qu'ils engageront à si peu de frais, qu'on ne craindra pas de les entreprendre ; mais avant d'expliquer ce secret, & de faire même sentir l'étendue de l'utilité dont il doit être à un grand nombre d'arts, il nous faut donner ici quelques notions des différentes sortes.

de fontes de fer, de leurs qualités, & expliquer les difficultés qui ont empêché qu'on n'en fit les ouvrages auxquels nous ne doutons nullement qu'on les employe par la suite.

On sçait, & nos memoires précédents l'auroient appris de reste, que la matiere qui coule du fourneau immédiatement après que la mine de fer a été fondue, est ce qu'on appelle fonte, & est un fer qui n'est pas malleable; que son caractère est d'être dur, & cassant. Quand cette matiere a été moulée en ouvrage, elle porte ordinairement le nom de fer fondu, les canons qui en sont faits sont appelés des canons de fer, ou de fer fondu, les tuyaux de conduite d'eau, des tuyaux de fer, ou de fer fondu; elle ne retient guere le nom de fonte, que quand elle a été coulée en gueuse, ou sous quelqu'autre forme, qu'elle ne doit pas conserver. Nous ne l'appellerons aussi fonte que jusqu'à ce que nous l'aïons fait jetter en moule.

En general on peut distinguer les fontes, & on les distingue en deux classes par rapport à la couleur qu'on voit sur leur cassure, les unes sont des fontes blanches, * & les autres sont des fontes grises.* la difference des mines a quelques fois part à cette difference de couleur; souvent elle vient de la maniere dont le fourneau a été chauffé & chargé.

Quand on les divise en fontes blanches & en fontes grises, on ne prend pourtant que deux des termes moyens, qui expriment leurs differentes couleurs. Parmi les grises il y en a qui sont pres-

* Pl. II. fig.

1, 2, 3, 4.

* Fig. 5, 7,

que noires, & entre les blanches & les grises, il y en a de nuances variées de toutes sortes de degrés. Enfin parmi les blanches on en trouve de plusieurs blancs différents. Il y en a une sorte qui pourroit faire classe à part, on la nomme en Champagne fonte, *truitée* elle est blanche, mais parsemée de taches grises, ou noirâtres, qui imitent en quelque façon celles des Truites. * *Fig. 6.*

Les fontes blanches sont plus pures que les fontes grises, elles contiennent plus de fer; nous l'avons déjà vû, & nous en donnerons encore une preuve, qui est que dans les forges, on retire plus de fer forgé d'un certain poids de fonte blanche, que du même poids de fonte grise. Il y a plus de matieres étrangères dans les fontes grises, & surtout, probablement, plus de matiere terreuse, plus de matiere vitrifiée, de ce qu'on appelle, dans les fourneaux à mine de fer, du laitier. ○

La cassure des fontes blanches paroît d'une ténacité compacte, on n'y voit point de grains; considérée attentivement, elle sembleroit plutôt faite de lames, mais très-pressées les unes contre les autres, & qui ne laissent point d'intervalles entre elles, comme en laissent les lames de fers forgés. Quelques fois les cassures de fontes blanches montrent des radiations, on y remarque des especes de raïons qui se dirigent à peu près vers le centre, * *Pl. II, fig. 3, 4.* quelque chose d'approchant de ce qu'on voit dans certains regules d'Antimoine, mais ce ne sont pour tant pas des raïons si bien marqués. On observera

pourtant, & on aura besoin ailleurs de se rappeler cette remarque, que le blanc des fontes les plus blanches, n'est pas de l'espece de celui des fers à lames, ou de celui de l'acier trempé fondant; ces derniers blancs sont éclatants, & l'autre est un blanc mat. Le blanc des fontes comparé au blanc brillant de certains fers, est comme celui de l'Argent mat, comparé à celui de l'argent bruni. La cassure des fontes grises est plus spongieuse, que celle des fontes blanches, elle approche plus de celle de l'acier trempé, elle est souvent grainée, mais à grains gros, mal arondis, & mal détachés les uns des autres. Quelques-unes, & ce sont souvent celles, qui ne sont ni des plus grises, ni des plus blanches, ont un cordon, qui vient de la croûte qui les enveloppe, qui est composé de grains peu différents par la couleur, & la figure de ceux d'un acier trempé. On estime assés celles-là pour en faire de l'acier.

Si on examine les unes & les autres fontes au microscope, les fontes bien blanches y paroîtront toujours d'une tiffure compacte, on y pourra observer quelques lames plattes parsemées, mais beaucoup plus petites que celles de l'acier; la même loupe qui fait appercevoir celles dont sont composés les grains d'un acier trempé peu chaud, ne feroit pas appercevoir celles-cy. Les fontes grises paroissent au microscope d'un tissu tellement spongieux, que tout semble un amas d'especes de cristallisations, * ou si l'on veut des brossailles, des especes

peces de vegetations chimiques, faites d'une infinité de branchages * entrelassés, mais composés cha- * Fig. 8.
 cun de petites lames agencées les unes sur les autres *. Si on place au foyer du microscope des grains des unes & des autres, aussi petits que les * Fig. 9.
 grains d'un sable extrêmement fin; ils y paroissent plus transparents que le sable le plus cristallin; leur transparence, & sur-tout la vivacité de leur couleur approche plus de la transparence & du brillant du Diamant. Malgré la vivacité de la couleur qu'ont alors les grains des différentes fontes, on distingue la couleur des grises de celle des blanches; les grises ressemblent plus à l'acier poli, & les blanches à l'argent poli.

Mais une remarque plus importante sur les fontes de fer, & celle qui regarde le plus l'usage que nous voulons en faire à présent, c'est qu'on peut prendre pour une regle à laquelle je ne connois point d'exception, qu'elles sont d'autant plus dures, qu'elles sont plus blanches. Quand elles sont bien blanches, il n'y a lime, ni ciseau qui puissent mordre dessus. Au lieu qu'il y a des fontes grises, & sur-tout des fontes extrêmement brunes tirant sur le noir *, qui cedent à la lime; j'en ai trouvé * Fig. 7.
 même qui se laissoient assez bien limer, & en general je les ai toujours trouvées d'autant plus limables, que leur couleur étoit plus foncée.

Aussi de presque tous les fourneaux à fer dont on coule la fonte en moule, soit pour des contre-cœurs de cheminées, soit sur-tout pour des pots,

des marmites, des Canons, de tous ces fourneaux dis-je, on ne tire que des fontes grises; soit que les mines qu'on y fond donnent naturellement ces sortes de fontes, soit qu'on les y rende telles par les circonstances qu'on observe en les faisant fondre. L'usage ordinaire est de ne point jeter en moule les fontes blanches des grands fourneaux; ce n'est pas qu'elles n'en puissent bien la forme; mais les ouvrages de fonte, quelques grossiers qu'ils doivent rester, ont presque toujours besoin d'être un peu travaillés, après qu'ils sont sortis du moule; au moins faut-il abbatre les jets de la fonte; on ne réussit pas toujours à les casser assez près; on veut emporter les inégalités les plus considérables, les ébarber; on passe la lime, ou la rape sur la plupart des marmites; les canons demandent à être allézés. Or si ces ouvrages étoient de fonte blanche, on useroit dessus les outils sans rien operer.

Mais quoique nous aïons dit qu'il y a des fontes grises, qui se laissent limer assez passablement, il ne faut pourtant pas esperer qu'il y en ait qui pourroient être propres à faire des ouvrages qui doivent être bien finis à la lime, être ciselés & polis; la lime prend dessus, il seroit cependant presque impossible de les reparer avec les ciseaux, & les ciselets. Ces outils morderoient sur le fer fondu; le mal même est qu'ils y morderoient souvent plus qu'on ne voudroit. Le fer, le cuivre, & tout métal qu'on cisele, qu'on repare, se doit laisser couper comme le bois, ou même plus net; on en doit

de même enlever des coupeaux , qui ne soient précisément que ce que l'outil a rencontré dans son chemin ; & ce n'est pas de cette façon dont nos fontes grises cedent à l'outil ; elles y cedent comme feroient les parties d'une pierre de grés ; elles s'égrainent ; le ciseau n'en emporte pas des lames , il en détache des grumeaux ; il ne coupe aucun grain , il brise des masses composées de plusieurs grains. Inutilement donc entreprendroit-on d'en faire quelque chose de fini.

Les limes réussissent un peu mieux dessus que les ciseaux , mais ce n'est pas assez ; & s'il y avoit des endroits où la lime les useroit , il y en auroit d'autres sur lesquels elle n'auroit point de prise. Il y a de l'inégalité dans leur dureté , la fonte blanche se trouve quelques fois mêlée avec la fonte grise. D'ailleurs quand on auroit ciselé , limé , poli les ouvrages de ces fontes , jamais ils n'auroient ni la blancheur , ni le brillant du beau fer , leur couleur seroit toujours trop foncée & trop terne.

Enfin tout ouvrage de fer fondu fait de fonte grise , telle qu'elle sort du fourneau , auroit toujours le grand défaut du fer fondu , d'être excessivement cassant , de ne pouvoir soutenir les coups de marteau , ni à froid , ni à chaud , quoiqu'il y ait une infinité de circonstances où cela soit nécessaire , pour ajuster & attacher ensemble différentes pieces.

Pour faire des ouvrages de fer fondu qui aient la blancheur & l'éclat des beaux ouvrages de fer

forgé, on est donc dans la nécessité de les composer de fonte blanche: elle se moule parfaitement bien. Dès Curieux en ont fait jetter pour en composer des medailles, des dessus de tabatieres, & d'autres pieces délicates; & ces pieces moulées & fonduës avec adresse, sont quelques fois sorties si nettes du moule, & avoient si bien pris les traits les plus fins, qu'il n'étoit nullement nécessaire de les reparer. C'est à quoi on réussira quand on fera les moules de ces petites pieces, avec autant de soin que l'on fait ceux, où le verre prend si exactement les empreintes des pierres gravées. Mais inutilement tenteroit-on quelque chose de pareil en grand, on n'y parviendroit pas. Quelque parfaite qu'une grande piece fût sortie du moule, il resteroit à couper ses jets, à l'ébarber, & encore à la rendre moins cassante. Mais au moins sçavons-nous que la fonte blanche peut se mouler très bien, quoiqu'on ne la moule pas ordinairement.

Il est aisé d'avoir de la fonte blanche, & toute aussi blanche qu'on voudra, il est bon de le sçavoir, & d'où cela dépend, parce que c'est cette fonte que nous emploïerons dans la suite; il y en a qui le font à un tel point, que ce n'est pas exagerer que de dire que leurs cassures ne le cedent guere en couleur à l'argent. Les fontes grises, & même les fontes les plus grises se peuvent changer en cette belle fonte; & cela sans beaucoup d'art. La fonte blanche est de la fonte naturellement plus affinée, de la fonte qui, comme nous avons dit, a naturel-

lement plus de parties métalliques, & moins de parties étrangères; & en general, comme nous l'avons encore vû ailleurs en passant, pour affiner la fonte, on n'a qu'à la refondre. De sorte que ces expressions, affiner la fonte, ou la rendre plus blanche, peuvent être prises pour synonymes, plus on en réitere les fusions, plus elle est affinée. On changera donc quand on voudra les fontes les plus grises, & même les noires en fontes blanches, & cela en les refondant. La fonte qui est sortie blanche du fourneau où la mine a été jettée, le devient donc davantage, & le devient assés, si elle est fonduë une seconde fois. Les fontes qui ne sont que grises, qui ne sont pas noirâtres, se changent même en fontes assés blanches par une seconde fusion; mais les fontes noires demanderoient à être refonduës plus d'une fois.

Ce qu'on fait par des fusions réitérées, on le peut pourtant en tenant la fonte refonduë plus long-temps en bain, plus long-temps liquide, & en retirant de fois à autres toute la crasse qui la surnage. Mais toujours faut-il mettre parfaitement en fusion la fonte qu'on veut affiner, lui donner tout le degré de liquidité qu'elle peut prendre.

Pour raccommoder les fourneaux à mine, on est obligé chaque année de cesser pendant quelque temps de les tenir en feu. La premiere fois qu'on y rallume le feu, après la premiere fusion qui y a été faite, on ne retire que des fontes grises ou brunes, des mêmes mines qui en donneront par

la suite de blanches. Et cela probablement , parce que quand la mine s'est fonduë la premiere fois, le fourneau n'avoit pas acquis le degré de chaleur où il parviendra dans la suite. Cette raison seule pourroit suffire, une autre pourtant y contribué, mais dont l'examen nous menèroit trop loin, c'est qu'avant de fondre la mine, on a jetté une plus grande quantité de charbon, proportionnellement à la quantité de mine; or c'est un principe, parmi les fondeurs de mine, que plus on met de charbon, par rapport à la même quantité de mine, & plus on rend la fonte grise.

Mais rien ne contribué davantage à affiner la fonte, à la rendre blanche, que de la couler après qu'elle a été fonduë, & sur-tout de la couler très-mince. J'en ai eu la preuve, en observant bien des fois un fait qui d'abord m'a paru singulier. Après avoir fait refondre des fontes grises, & les avoir fait couler en des moules, où elles devoient prendre certaines figures, quand quelque accident a empêché la piece de bien venir dans le moule, il m'est arrivé de casser cette piece, or voici l'observation dont je veux parler. Dans la même piece je trouvois de la fonte de differente couleur, dans quelques endroits elle étoit presqu'aussi grise, que quand elle avoit été jettée dans le fourneau, & dans d'autres elle étoit très-blanche: mais la remarque que j'ai faite, c'est que les endroits, où elle étoit grise, étoient communément les plus épais. Si on casse les jets d'une fonte mediocre-

ment affinée où il soit resté de la fonte grise *, les bords, & sur-tout près des endroits où les jets sont le moins épais, seront blancs. On donne le nom de jets à la matiere qui a rempli les conduits, par-où a passé celle qui a rempli le moule, souvent j'ai vû que tous les jets étoient blancs, la surface & tout ce qui en approchoit étoit blanc aussi, tous les feüillages ou autres ornemens minces l'étoient de même, mais ce qui étoit épais étoit gris. Enfin il m'a paru constant que la fonte coulée mince devenoit blanche. Il y a pourtant quelquefois des endroits d'égale épaisseur, dont les uns seront blancs, & les autres gris, la fonte blanche s'est rassemblée d'un côté, & la fonte grise de l'autre *.

* Pl. II. fig. 10.

* Fig. III.

Pour rendre raison de ce fait, & pour prouver en même temps qu'en rendant la fonte plus blanche, on l'affine; nous rapporterons un procédé, dont nous avons touché quelque chose dans le memoire 9^e. de l'art de convertir le fer forgé en acier. Pour affiner la fonte dont on veut faire de l'acier, l'usage de quelques Provinces du Roïaume, comme du Nivernois, est de mettre une certaine quantité de fonte en fusion, deux ou trois cens livres. Quand elle est fondue on débouche le bas du fourneau, on lui donne écoulement, elle se moule grossierement sur la terre même, où elle forme une plaque de figure irreguliere, & épaisse d'un ponce & demi, ou deux ponce. Quand cette fonte est refroidie, on la trouve couverte d'une couche de matiere étrangere, & qui s'en sépare ai-

fément ; la plaque de fonte est couverte d'une plaque plus mince de matiere noirâtre & vitrifiée ; cette matiere noirâtre est une espece de machefer, appelé laitier, c'est une terre vitrifiée, mêlée avec quelques parties ferrugineuses. Le verre est plus léger que le fer , quand le fer fondu a été coulé, le verre s'est élevé de toutes parts sur sa surface, au moins celui qui s'est pû élever avant que la masse fût refroidie ; la fonte purgée de cette partie terreuse vitrifiée est plus pure , & plus blanche. Si au lieu de couler cette fonte en plaque mince , on la recevoit au sortir du fourneau dans un creuset, il ne faut pas compter qu'il s'en dégageât autant de matiere vitrifiée ; elle n'est ni legere, ni fluide à un point qui puisse la faire monter avec vitesse. La masse de fer contenuë dans le creuset , ne se trouveroit guere couverte d'une couche de laitier plus épaisse que la plaque mince, ou au moins elle ne seroit pas à beaucoup près assés épaisse pour compenser ce dont elle est surpassée par l'étenduë de l'autre.

L'application de ce fait & de ce raisonnement à nôtre fonte coulée en ouvrage, est si naturelle qu'il n'est pas nécessaire d'insister sur ce qui rend blancs les jets, tout ce qui est proche de la surface , tout ce qui est mince, pendant que les endroits épais restent gris. On voit par-là de reste pourquoi toute fonte coulée mince s'affine, se blanchit d'avantage, que lorsqu'on l'a coulée épaisse. il ne faut pourtant pas croire , que pour verifiser absolument ce raisonnement , on doive trouver
dans

dans les moules une couche de matiere vitrifiée. Si la couche qui couvre une piece épaisse de plusieurs pouces, n'a que quelques lignes, celle qui couvrira une piece qui n'a que quelques lignes, n'aura que quelques parties de lignes; à peine suffira-t-elle pour baigner les grains de sable ou de terre qui forment le moule, & pour remplir leurs interstices. Peut-être aussi qu'il y a des parties, plus volatiles que la matiere terreuse, qui se dégagent de la fonte mince, & de toute la surface de la fonte; qu'il s'en échappe par exemple des soufres & des sels, soit qu'ils abandonnent ce métal, ou qu'une portion passe des parties métalliques dans les intervalles qu'elles laissent entr'elles.

La fonte blanche & la fonte grise se trouvent pourtant mêlées quelques fois avec irregularité dans la même piece, & cela arrivera surtout, lorsque toute la matiere n'aura pas été mise en fusion bien également, & bien parfaitement; ce qui a été fondu à un certain point sera blanc, pendant que le reste sera demeuré gris. La fonte encore grise peut être mêlée grossierement avec la blanche, par l'agitation qu'on donne au creuset, par les bouillonnements de la matiere mieux fondue, & par diverses autres causes pareilles.

Enfin plus on tiendra de la fonte en fusion, & mieux les crasses, les matieres purement terrestres monteront à sa surface; on donnera à cette fonte encore plus de facilité de s'en purger, si on enleve les crasses dès qu'elles la furnageront; avec ces at-

entions on rendra la fonte aussi blanche qu'on la puisse desirer.

Au reste si pour affiner de la fonte grise, on la fait fondre dans des creusets, comme nous l'expliquerons dans le memoire suivant, on ne trouvera pas qu'elle ait perdu beaucoup de son poids, pour passer du gris, ou brun, au blanc. J'ai pesé neuf livres de fonte très-brune, je l'ai fait fondre dans un creuset, & jetter en moule. Elle étoit devenue très-blanche : l'ayant pesée en ce second état, j'ai trouvé moins de 10. onces de diminution, ce qui n'est pas une 14^e. partie de son premier poids. Ce 14^e. même ne doit pas être regardé comme venant uniquement des matieres terreuses, ou autres matieres étrangères, car quantité de parcelles de fer restent mêlées avec les crasses qu'on enleve.

Nous voyons donc assez que les fontes blanches sont plus affinées que les grises; & en general de quoi il est question pour avoir des fontes aussi blanches qu'on les voudra. C'est une des choses nécessaires à la perfection de l'art que nous cherchons, & dont il falloit parler; mais ce n'est point du tout en quoi consiste la difficulté qui a arrêté; c'est de faire en sorte que cette fonte coulée en moule, que les ouvrages de fer fondu se laissent travailler, limer, ciseler, reparer, &c. En un mot il s'agit de rendre la fonte blanche, traitable; il s'agit de lui ôter de sa dureré, de sa roideur, il s'agit de l'adoucir. L'art de faire des ouvrages finis de fer fondu, n'est donc précisément que l'art d'adoucir le fer fondu.

On peut concevoir deux manières d'adoucir le fer fondu, ſçavoir ; 1^o. Ou de l'adoucir pendant qu'il eſt en fuſion, de le rendre tel que les ouvrages qui en ſeront faits, ſe laiſſent repa-
2^o. Ou on peut couler du fer fondu très-affiné, le mouler en ouvrages qui auront toute la dūreté, & la roideur naturelles à ce fer, mais qu'on adou-
cira enſuite, & rendra traitables. Il eſt indifférent dans lequel des deux états on l'adouciſſe, pourvū qu'on le rende propre à nos uſages ; enfin le ſe-
cret de l'adoucir à ce point, eſt ce qui nous man-
quoit.

Si on ſ'en rapporte à la tradition des Ouvriers, c'eſt un ſecret qui a été perdu & trouvé pluſieurs fois. Tout ce que nous voions de grand, & de ſurprenant en fer, comme ſont les ferrures des portes de Nôtre-Dame, ils veulent que ce ſoient des ouvrages de fer fondu. Ce qui eſt de plus cer-
tain, & d'affés récent, c'eſt qu'un Particulier a eu en France quelque choſe de fort approchant du véritable ſecret d'adoucir le fer fondu, qui a été jetté en moule. Il entreprit même d'en faire des établiſſements à Cône, & à Paris dans le Fauxbourg Saint Marceau, il y a vingt ans ou environ. Il rasſembla une compagnie qui devoit fournir aux frais, & qui fit même, à ce qu'on m'a dit, des avances conſiderables ; elle fit exécuter quelques beaux modelles, qui furent enſuite jettés en fer. Il y eut divers ouvrages de fer fondu adoucis ; ce-
pendant l'entreprise échoüa, & l'Entrepreneur diſ-

parut, sans qu'on ait sçu en aucune façon ce qu'il est devenu. Il avoit apparemment commencé trop légèrement, avant d'être assés sûr de son secret, avant de l'avoir porté au degré de perfection nécessaire. J'ai vû des ouvrages venus de cette manufacture passablement adoucis; mais ceux qui ont eu quelques connoissances de ces établissemens, m'ont assûré que le hasard avoit trop de part au succès: quelquefois, après avoir consumé bien du bois, on retrouvoit aux ouvrages toute leur première dureté; plus souvent les ouvrages n'étoient ramollis que par parties, il y restoit des endroits durs, intraitables, qui obligeoient à abandonner le reste: souvent enfin les ouvrages sortoient du fourneau défigurés par les écailles qui s'en détachotent. J'ai rencontré toutes ces difficultés en mon chemin, elles ne sont pas moins capables, que le fond du secret même, d'arrêter ceux qui ne se conduisent pas par principes.

Quelqu'imparfait que fût ce secret, j'en ai longtemps regretté la perte, l'Entrepreneur l'avoit emporté avec lui; la description que j'ai faite de tous les arts qui mettent le fer en œuvre, les souhaits que j'avois tant de fois entendu faire pour ce secret, m'avoient convaincu de reste de l'importance dont il devoit être. C'est déjà une grande avance que de sçavoir que ce qu'on a besoin de trouver n'est pas absolument impossible. Je l'ai donc cherché, ce secret, comme une des choses que j'ai crû devoir être des plus utiles, j'espère que l'on

en tirera les avantages que je m'en étois promis, que bientôt il n'y aura plus rien à craindre qu'il coure risque de se perdre; & qu'on travaillera à le perfectionner, en même temps qu'on travaillera à en faire usage.

La maniere d'adoucir le fer fondu que nous voulons apprendre aujourd'hui, est celle de l'adoucir, lorsqu'il a été moulé sous une forme qu'on veut qu'il conserve toujours. J'ai fait aussi quantité d'expériences pour parvenir à l'adoucir dans le temps même qu'il est en fusion; je pourrai ailleurs en rapporter quelques-unes, qui ne paroissent pas devoir faire espérer autant, à beaucoup près, de cette façon d'adoucir que de l'autre, qui semblent même faire croire, qu'il y a peu à en attendre. Après tout que nous importe de pouvoir rendre le fer fondu doux dans deux états differents, pourvû que nous aïons une façon de l'adoucir très-commode, & à très-bon marché.



Explication de l'onzieme planche.

ELle represente des cassures de diverses especes de fonte de fer, ou de fer fondu.

La fig. 1. fait voir la cassure d'une espece de fonte blanche, mais qui a quelques inégalités sur sa surface.

La fig. 2. est la cassure d'une autre fonte blanche, telle que sont ordinairement celles des fontes affinées une seconde fois.

La fig. 3. est la cassure d'une autre fonte blanche, qui semble en quelque sorte radiée. Le plus souvent ces especes de raïons, qui tendent au centre, ne sont pas aussi bien marqués qu'ils le sont ici.

La fig. 4. est encore la cassure d'une fonte blanche, où l'on peut remarquer des especes de raïons dirigés vers le centre, mais bien plus foibles que dans la figure 3.

La fig. 5. est la cassure d'une fonte grise, qui approche assés de celle d'un acier grossier qui auroit été trempé; à cela près que sa couleur est beaucoup plus brune, & que les grains sont plus gros.

La fig. 6. est la cassure d'une de ces fontes qu'on appelle truitée; le fond est blanc, & se trouve parsemé d'especes de petites étoiles.

La fig. 7. est la cassure d'une fonte très-brune, presque noire: outre qu'elle differe de celle de la figure 5. par sa couleur, elle en differe encore en ce qu'elle est moins bien grainée, elle a des grains moins distincts, & est parsemée de lames.

La fig. 8. est une petite portion de la figure 5. prise à un de ses angles , représentée grossie par le microscope. elle paroît composée d'une infinité de branchages.

La fig. 9. est un des branchages de la fig. 8. dessiné séparément , pour faire observer que chaque branchage ne semble formé que de petites lames posées les unes sur les autres.

La fig. 10. est la cassure d'un jet de fonte, qui a été coulée dans un moule. Cette fonte n'avoit pas été parfaitement affinée ; elle n'est bien blanche qu'auprès des bouts minces BB, & autour de la circonférence ; tout le milieu est resté gris.

La fig. 11. est la cassure d'un autre jet de fonte affinée , où il est resté un peu de fonte grise , mais moins que dans la fig. précédente. A est ce qui est resté de fonte grise.





SECOND MEMOIRE,

*Sur les différentes manieres de fondre le Fer ,
sur des attentions qu'il faut avoir pour
jetter le Fer fondu en moule , & pour tirer
les Ouvrages des moules.*

L'ART de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que ceux de fer forgé, demande d'abord qu'on fonde ce métal, & qu'on le jette en moule : il faut ensuite adoucir les ouvrages qui sont sortis des moules, les mettre en état de ceder aux outils, les adoucir ; & enfin il reste à les reparer. Ce dernier travail appartient aux Ciseleurs, qui s'exerceront sur le fer, comme ils s'exercent sur le Cuivre, l'Or & l'Argent, dès que leurs instruments auront pris sur ce métal, comme ils l'ont sur les autres. Ce qui nous regarde ici n'est que d'adoucir le fer fondu, assés d'Ouvriers sçauront achever le reste. Nous pouvons donc de même nous dispenser d'entrer dans le détail de l'art de jeter le fer en moule ; s'y engager ce seroit se mettre dans la nécessité de décrire entier l'art du Fondeur, assés vaste pour demander seul un long traité. Si nous ne voulions rien
laisser

laisser en arriere, nous aurions à expliquer comment on fait les modelles, de quelles matieres on les fait; comment on fait les moules, soit en terre, soit en sable, soit en cire; pourquoi certains ouvrages veulent être moulés en sable, d'autres veulent être moulés en terre, & pourquoi d'autres demandent la cire; comment il faut faire secher les differents moules; les differentes manieres de mouler des pieces de figures differentes, comment on fait les noyaux, comment on rapporte les parties qui ne sont pas en dépouille; enfin nous viendrions aux differentes manieres dont on fond le fer, & aux attentions particulieres que ce métal peut demander pour être coulé en moule. C'est seulement de cette derniere partie de l'art du Fondeur, dont nous voulons dire ici quelque chose, & cela afin que ceux, qui auront à faire faire des ouvrages de fer fondu, sçachent comment il faut s'y prendre, ce qu'ils pourront exécuter par eux-mêmes, & à qui ils doivent s'adresser pour le reste.

Toutes les manieres de fondre le fer, se reduisent à deux manieres generales; sçavoir, ou de le fondre dans des creusets, où il n'est rendu fluide que par la chaleur qui passe au-travers de leurs parois; ou de le fondre en le tenant immédiatement exposé à l'action du feu, en le tenant au milieu de la flamme & des charbons. Mais il y a plusieurs moyens de mettre ce métal en fusion, soit pendant qu'il est renfermé dans des creusets,

soit pendant qu'il est placé immédiatement au milieu des charbons allumés.

Les Fondeurs ordinaires en cuivre, ceux dont nous avons déjà parlé plusieurs fois, & dont nous avons fait représenter le fourneau *pl. 2.* fondent le fer comme le cuivre, dans de semblables creusets, & dans le même fourneau *. Le fer y est un peu plus long-temps à y être mis en fusion, mais cela ne va pas à une différence de temps assés considérable pour encherir la façon; il est rendu liquide d'autant plus vite, qu'il a été concassé en plus petits morceaux; on y en peut pourtant fondre de très gros; & on peut se servir de creusets qui contiendront chacun jusqu'à trente ou quarante livres de métal fondu.

Le fourneau ordinaire des Fondeurs n'occupe pas une grande place, mais il est bâti à demeure; on en peut faire de plus petits, ou d'aussi grands, très-portatifs, qui paroîtront commodes en bien des circonstances. J'en ai actuellement un de cette dernière espece * à ma maison de campagne, je le fais quelquefois mettre au milieu des jardins: au lieu que le fourneau ordinaire est fait de quantité de briques arrangées les unes sur les autres, celui-ci n'est bâti que de quatre à cinq pieces qui, posées les unes sur les autres, le composent en entier *. Qu'on conçoive le fourneau ordinaire coupé à différentes hauteurs, divisé par des plans paralleles en différentes tranches; chacune de nos pieces est une de ces tranches, mais qui n'est point

* Pl. 12. c.
& A.

* D, E, F, G,
H, I.

LE FER FONDU. 411

composée d'un assemblage de différentes briques : elle est faite de terre à creusets, & il n'y a pas grande façon à la faire ; tout se réduit à former carrément un bloc de terre * de l'épaisseur que la piece * L. doit avoir , & qui ait extérieurement la largeur qui convient au fourneau ; on percera ensuite , au milieu de cette piece de terre , un trou carré du diamètre que demande l'intérieur du fourneau. Plusieurs pieces semblables, ajustées les unes sur les autres, composeront le fourneau entier : une seule sera différente des autres , c'est celle qui en fera la base , qui formera le cendrier *. On laissera à celle-ci un rebord tout-au-tour , excepté dans les angles : * E. ce rebord est destiné à porter la plaque de fer sur laquelle on pose le creuset. Pour faire usage de ce fourneau , on aura un tuyau recoudé qui recevra le vent du soufflet d'une forge , & qui le conduira à l'ordinaire sous la plaque de fer de ce fourneau. Si outre le fourneau portatif , on a une forge portative , une forge roulante * , on pourra transporter son fourneau où l'on souhaitera. Plus les pieces dont ce fourneau sera fait seront minces , & plus aisé il sera à transporter. Chaque fois qu'on le changera de place , on lutera toutes les jointures avec une terre sablonneuse.

Si on ne veut fondre du fer que pour des expériences , ou pour en jetter en moule de petites pieces , une forge ordinaire est un fourneau suffisant ; en moins d'une demie heure , on y pourra rendre très-fluide une livre ou deux de ce métal ,

il n'est question que de pousser le vent du soufflet, & d'être attentif à tenir le creuset bien entouré de charbons. Je me sers encore dans cette occasion de creusets cylindriques par préférence, j'en prends toujours un plus grand qu'il ne le faut pour contenir la quantité de métal que j'y veux mettre en fusion ; & cela parce que je le couche dans la forge, environ sous un angle de 45. degrés, ou davantage, le plus & le moins ne font rien ici. Ainsi couché il est moins exposé à être renversé ; on peut plus aisément mettre le fer dedans, on voit mieux le point où en est le fer qui est dans le creuset, s'il est liquide, s'il l'est suffisamment ; d'ailleurs le creuset en est plus aisé à retourner.

Cette manière de fondre, toute simple qu'elle est, est très bonne quand on aura envie de jeter en moule de petites pieces remplies de traits fins ; & cela parce qu'on rend la fonte parfaitement liquide, & par conséquent en état de bien remplir les plus petits vuides du moule. Quoiqu'on ait recours à des fourneaux, où la chaleur est plus violente, comme on y fond aussi, proportionnellement à leur grandeur, une plus grande quantité de fer à la fois, on ne l'y met pas dans une fusion aussi parfaite, aussi égale. Toute la matiere contenuë dans un grand creuset n'est pas également exposée à la chaleur : cette matiere, dans le temps même qu'elle est fonduë, peut être comparée à une barre de fer qu'on a fait rougir au milieu du feu, dont le centre a toujours pris un

L E F E R F O N D U . 413

degré de chaleur inferieur à celui qu'ont pris les couches les plus proches de la surface. Cette inégalité de chaleur dans differents endroits de la même fonte, semble assés prouvée par une seule observation ; sçavoir , que de la fonte refroidie dans un creuset , une partie se trouve blanche, pendant que l'autre est grise : or nous avons vû que mieux la fonte a été fonduë , & plus elle devient blanche , celle qui est restée plus grise , a donc été moins bien fonduë que l'autre.

On peut fondre à la forge une plus grande quantité de fer à la fois , si on y met un plus grand creuset , & qu'on l'entoure d'un ferre-feu , qui retiendra les charbons. J'en ai fait faire un pour cet usage qui vaut presque un fourneau * : la consommation du charbon y est pourtant un peu plus grande proportionnellement à l'effet produit, que dans le fourneau du Fondeur. * Pl. 12. M.

Avant de jetier la fonte, le fer fondu, dans le creuset, on pourra la faire chauffer blanche ou rouge sur les charbons, ce sera toujours autant d'avance. Dès que le creuset contiendra une certaine quantité de fer en fusion, on aura attention de n'y point remettre de nouvelle fonte qu'elle n'ait été chauffée, autrement elle refroidiroit trop celle qui est en bain.

Les differentes façons dont on peut fondre le fer dans des creusets se reduisent aux précédentes ; il nous reste à parler des manieres de le fondre, en l'exposant immédiatement à l'action du feu.

Je ne ſçai ſi on y rëuſſiroit dans des fourneaux de reverbere, ſemblables à ceux où l'on fond le cuivre en grand, comme pour jetter en moule des canons & des cloches; je n'en ai point fait d'expérience, mais des perſonnes intelligentes, & à qui l'uſage de ces fourneaux eſt familier, ſont dans le ſentiment que leur chaleur n'auroit pas la force de mettre le fer en bain: quoique cela ſoit peut-être vray de ces fourneaux, dans l'état où ils ſont à preſent, comme il eſt très-poſſible d'augmenter leur activité, peut-être le ſeroit-il de l'augmenter au point néceſſaire pour faire couler le fer comme le cuivre; mais aſſés d'autres eſpeces de fourneaux peuvent ſuppléer à ceux-là: tous ceux où l'ardeur du feu eſt excitée par des ſoufflets peuvent être mis en état de fondre le fer.

Puiſque le vent d'une forge ordinaire, fait fondre le fer contenu dans un creuſet, on ne doutera pas que ce même fer ne fonde encore plus vite, ſ'il eſt placé immédiatement au milieu des charbons de cette forge; mais comme il n'eſt pas queſtion ſeulement de le fondre, que lorsqu'il eſt fondu, il faut avoir la facilité de le couler dans les moules, une forge ordinaire à qui on ne feroit aucun changement ne ſeroit d'aucun uſage.

* Mem. 9.

Nous avons parlé des affineries * où l'on affine les fontes qu'on veut changer en acier; deux ſoufflets mûs par l'eau y pouſſent le vent contre la fonte de fer, ils la rendent liquide; elle tombe dans une caſſe, ou dans une ſorte de grand creuſet, où

elle conserve sa liquidité jusqu'à ce qu'on lui donne écoulement. Il y a de ces creusets qui contiennent plus de deux à trois cens livres de fonte : nous avons dit aussi que dans quelques Provinces du Royaume, on donne écoulement à cette fonte par le bas du creuset ; je ne crois pas qu'il fût difficile de disposer ces sortes d'affineries, ou de creusets de maniere que le métal fût conduit dans des moules préparés ; ou de maniere qu'on placât ces moules pour le recevoir dès qu'il sort du creuset, afin qu'il se moulât plus chaud. Je propose cette idée seulement pour ceux qui ont des forges à fer, afin qu'ils voient si, sans grands frais, ils ne pourront pas se mettre en état de faire jetter de la fonte blanche en moule.

Des fourneaux construits sur le même principe que ceux où l'on fond les mines de fer, mais plus petits, & dont l'ardeur seroit encore plus vive, seroient très-propres à mettre en fusion une grande quantité de fer à la fois. Pour rendre leur activité plus grande que celle des fourneaux à mine, tout se reduiroit à introduire continuellement une quantité d'air plus grande, par rapport à la capacité du fourneau.

Quoique presque tous les Fondeurs en cuivre, même médiocrement habiles, soient aujourd'huy en état de fondre du fer dans leurs fourneaux, ils n'y en fondent presque point, & cela parce que des ouvrages, qu'on étoit dans la nécessité de laisser tels qu'ils étoient sortis du moule, n'avoient que-

des usages très-bornés. Il y a pourtant une sorte de Fondeurs qui fondent journellement du fer, & qui ne fondent point d'autre métal ; leur nombre n'est pas grand, je ne sçache pas qu'il y en ait eu à Paris plus de deux ou trois à la fois, & je crois qu'à présent il n'y en reste qu'un. Il y a de ces Fondeurs qui courent la campagne, ils paroissent successivement en différentes Provinces ; ils font des poids de fer, des plaques destinées à certains usages ; ils moulent quelquefois des marmites, & quelquefois les raccommoient ; si une marmite de fonte a un pied cassé, ils coulent un nouveau pied de fonte en la place de celui-là. Comme cette manière de fondre le fer est moins commune, & moins connue, & qu'elle pourra être de grand usage dans la suite, nous nous sommes sur-tout proposés dans ce mémoire de la décrire précisément comme elle est pratiquée aujourd'hui, afin qu'on s'en serve dans l'état où elle est, ou qu'on travaille à la perfectionner.

La fonte de fer n'est pas fort chère, cependant pour l'avoir encore à meilleur marché, il y a des gens qui parcourent les Villages pour en acheter les vieux fragments, qu'ils vendent ensuite à nos Fondeurs. Dans la campagne ces sortes de marchés ne se font guère avec la monnoye courante, aux environs de Paris on achete toutes ces vieilles ferailles pour des pommes : un homme la balance à la main conduit un cheval chargé d'assés mauvais fruits, & donne aussi pesant de ces pommes, qu'on

LE FER FONDU.

417

qu'on lui donne pesant de fer. Le commerce des vieux chiffons, si nécessaires pour le papier, se fait aussi avec sa monnoye particuliere, en échange les Chiffonniers donnent des épingles aux Païsannes. Dans Paris on trouvera pour du temps provision faite de fonte de fer, les vieilles marmites, les contrecœurs de cheminée cassés, & sur-tout les tuyaux de conduite d'eau en fourniront beaucoup. Je ne l'ai point vû acheter plus d'un sol la livre, & quelquefois on l'a pour moins de deux liards; peut-être rencherira-t-elle, lorsqu'on saura qu'elle sera d'usage, au lieu qu'elle étoit presque inutile; mais il sera toujours aisé de s'en fournir à bon marché dans les fourneaux où l'on fond la mine: là on la fera mouler en plaques minces, plus aisées à être concassées en petits morceaux, que ne le sont les gueuses ordinaires.

Mais pour revenir au fourneau, dont nous voulons parler à présent*, il est assés semblable en petit à celui où nous venons de dire que se fait la fonte des mines, mais pourtant différent de ceux que nous avons proposé en passant de construire sur ce modelle; tant en ce que celui de nos Fon-
 * Pl. 13. a. b.

* Pl. Fj. AA, sorte de creuset *, & d'une tour en forme de cone tronqué *, qu'on pose sur ce creuset. Nous décrivons d'abord ces deux parties, & toutes les autres, faites aussi simplement qu'elles le sont chés nos Fondeurs, nous dirons ensuite comment on les peut faire plus solides, les mieux assembler; il est bon de connoître ce qui peut s'exécuter à moins de frais, il y a des circonstances où le solide importe peu.

Le creuset est appelé *poche* par les Ouvriers, & leur maniere de fondre s'appelle *fondre à la poche*, il est composé en partie d'un vieux pot, ou d'un vieux chaudron de fer fondu, selon qu'on le veut plus grand ou plus petit *, ou plutôt ce vieux pot, ou ce vieux chaudron servent à maintenir le creuset qui est fait d'une couche de terre sablonneuse, épaisse d'environ un pouce & demi; elle revêt intérieurement le vase dont nous parlons. Pour le solide, & c'est ainsi que je l'ai fait pratiquer, cet enduit doit être des mêmes terres, dont on fait les creusets, & préparées de la même façon: car s'il est d'une terre trop fondante, il y a trop souvent à y retoucher. La terre peut s'élever au-dessus des bords du vase qui la soutient *, alors elle a seule, quelque part, une échancrure en demi cercle *, qui recevra en partie la tuyere dans laquelle les soufflets doivent pousser le vent; cette échancrure pourroit être dans le bord même du vase.

* B, C.
* D.
* E, G, H, I. La seconde partie du fourneau *, la tour conique, est faite pour être placée sur le creuset; sa base pose sur ce creuset, par conséquent son diamètre

LE FER FONDU.

419

est déterminé à peu près par celui du creuset qu'on a choisi : exterieurement elle est aussi de fer fondu , nos Ouvriers la forment souvent de plusieurs marmites sans fond , ajustées les unes sur les autres , mais il est plus commode de la faire de tole. On lui donne environ 15. à 16. pouces de hauteur , mais on ne doit pas craindre de l'élever davantage ; interieurement elle est revêtuë de terre pareille à celle du creuset , & de façon que l'ouverture du haut reste un peu plus étroite que celle du bas. Nous ne donnons aucunes mesures précises , parce qu'on peut extrêmement les varier toutes ; mais si on veut faire usage de ces fourneaux , tels qu'il y en a actuellement de construits , les desseins en donneront les dimensions , sur lesquelles on pourra se régler.

N'oublions pas de remarquer que la tour a une échancrure semblable à celle de la poche ou du creuset , au-dessus de laquelle elle se pose directement , les deux ensemble forment l'ouverture qui reçoit la tuyere *.

L'assemblage de ces deux pieces compose le fourneau en entier , on y excite l'ardeur du feu par le moyen de deux soufflets ; ils occupent chacun un Ouvrier *. La force peut être appliquée sur ces soufflets d'une maniere plus avantageuse , qu'elle ne l'est dans le dessein que nous avons fait graver ; mais nous l'avons déjà dit , & nous le repetons , que nous nous sommes fait une loy de décrire d'abord ce qui est actuellement pratiqué. D'ail-

* O.

* Fig. 1, 2.

leurs ce sont-là des choses qui ne sont nullement particulieres à nôtre art, & sur lesquelles l'industrie peut s'exercer. Ici les soufflets sont placés d'une maniere stable, la position du fourneau est déterminée par la leur; mais ce qui est plus essentiel, c'est qu'ils doivent être inclinés, & de façon qu'ils dirigent le vent vers le fond du creuset, non pas précisément au milieu du fond, mais au moins tout au bas de la parois qui est opposée à la tuyere.

Le terrain qui est au-dessous des bouts, ou en terme de l'art au-dessous des bures, des soufflets, ce terrain, & même un peu par-delà est plus creux, que celui du reste de l'atelier. Ce creux est rempli de cette espece de poudre de charbon, qu'on trouve toujours au fond des tas qu'on a fait de charbons, de ce qu'on appelle du fraïsil, & des crasses qui se tirent de dessus le fer, qui ont été concassées; c'est au milieu de ce tas de poudre qu'on place la poche ou le creuset. Il est aisé d'y faire sur le champ un trou pour le recevoir, on creuse dans ce fraïsil aussi aisément que dans le sable.

Mais nous avons à faire remarquer qu'on ne met pas le creuset immédiatement dans le fond du trou. Ce creuset recevra bientôt la matiere fondue; quand il en sera plein, il faudra le porter sur les moules, où elle doit être coulée; pour avoir la facilité de l'enlever dans la suite, on le pose dans une espece de cuillier à jour, dont le cuillieron est composé de différentes bandes de fer*; elle a un manche long de plusieurs pieds, & de plus une

* T, V, X, Y,
& 1, 2.

anse à peu près semblable à celle des chaudrons.

Il n'est pas temps encore de voir l'usage de l'anse & du manche, pour le présent imaginons seulement cette cuillier enfoncée dans la poudre, dans le fraisil, & le creuset, ou la poche, posé dans la cuillier; & cela à une distance des soufflets telle, que leurs bouts entrent d'environ un demi pouce dans l'échancrure que nous avons destinée à recevoir la tuyere; nous supposerons aussi que la tuyere a été mise dans cette place; elle est ordinairement de fer fondu, & toujours est beaucoup plus évasée par dehors, par l'ouverture qui reçoit les bouts des soufflets, que par le dedans.

Posons enfin la tour sur le creuset, & enveloppons bien le creuset, & même le bas de la tour de fraisil, afin que la flamme ne puisse pas s'échapper du fourneau par les jointures de nos deux pieces; si on les a lutées avec de la terre, tout pourtant n'en sera que plus clos. Cela fait notre fourneau est dressé, & prêt à recevoir le feu; on jette par son ouverture supérieure quelques charbons allumés, & par-dessus ceux-ci on en jette de noirs que le vent des soufflets enflamme bien vite; on acheve enfin de le remplir de charbon.

Quand tout le charbon est allumé, & ensuite quand en la place de celui qui est descendu, on en a eu remis de nouveau, & enfin quand on voit que le fourneau est suffisamment échauffé, on y porte la première charge du fer qu'on y veut fondre.

Chaque fois qu'on met du fer, il est toujours plein de charbon jusqu'à son ouverture supérieure, c'est le seul endroit par où on puisse le charger, soit de charbon, soit de métal.

Le fer est concassé en morceaux de la grandeur à peu près d'un écu, ils doivent être fondus quand ils arrivent au creuset, & des morceaux trop gros pourroient ne l'être pas pendant qu'ils font ce chemin.

Quand la dernière charge de charbon s'est abaissée de deux ou trois pouces, il est à propos de faire entrer une verge de fer dans le fourneau, par son ouverture supérieure; en agitant cette verge, on oblige les charbons à se mieux arranger, à descendre davantage, à laisser moins de vuide entr'eux; mais il reste en haut une plus grande place vuide, on la remplit d'une nouvelle charge de charbon, au dessus de laquelle on étend une nouvelle charge de fer. Chaque charge de fer n'a d'épaisseur que celle des morceaux de fer, & a de largeur, ou surface, toute celle de l'ouverture supérieure du fourneau. Tant qu'on juge à propos d'entretenir le feu, de faire fondre de nouveau fer, on repete les manœuvres précédentes.

Mais pendant tout ce temps, il faut veiller à la tuyere, les bures, les bouts des soufflets ne la remplissent pas en entier, il reste assés de place pour voir, comme par un tuyau, ce qui se passe dans le fourneau à une certaine hauteur du creuset; on n'a pas un grand champ, il y en a pour

tant assés pour avoir quelquefois un spectacle très-amusant. On apperçoit la fonte qui, après s'être allongée, se détache par gouttes; de temps en temps quelque nouvelle goutte tombe dans l'espace qu'on peut voir; mais ce qu'on cherche à observer, c'est si la lumière de la tuyere est bien brillante, bien blanche, ou en termes d'Ouvriers, si elle paroît comme une lune, expression qui donne une idée fort juste de la couleur qu'a le feu du fourneau vis-à-vis cette tuyere, quand les soufflets l'ont rendu aussi vif qu'il le doit être; mais si la couleur paroît rougeâtre, c'est un mauvais signe. C'en est encore un plus mauvais, si la tuyere se barbouille, si on y apperçoit du noir; c'est qu'elle se bouche, & il faut être continuellement attentif à empêcher que cela n'arrive: ce qu'on fait en passant une petite verge de fer rouge, ou même une petite baguette de bois dans la tuyere, & cela jusqu'au dedans du fourneau; par ce moyen on emporte les matieres qui commençoient à s'attacher à son bout interieur, qui commençoient à le boucher, & qui peu à peu le boucheroient au point que le vent n'auroit plus assés de passage. De la matiere vitrifiée, qui se sera collée contre la tuyere, un morceau de fer mal fondu qui l'aura touchée, peuvent être le cause de cet accident: car tout ce qui se trouve précisément au bout de la tuyere ne se fond plus; la matiere même qui a été mise en fusion se refroidiroit, si elle s'élevoit jusques là; tant que le vent est dans la tuyere, & dans l'ins-

tant qu'il en sort, il est froid, il refroidit donc ce qu'il rencontre avant d'avoir rencontré des charbons. Si on n'étoit pas très-attentif à déboucher continuellement cette tuyere, on feroit souvent exposé à avoir brûlé du charbon inutilement.

Enfin quand à diverses reprises on a eu jeté dans le fourneau tout le fer qu'on a besoin de rendre fluide, on se dispose à le couler dans les moules; on regarde si au-dessus des charbons il ne paroît plus de morceaux de fer qui restent à fondre; si on n'y en voit point, on tâte avec une verge de fer s'il n'en reste pas qui ne soient pas visibles, & en cas qu'il s'en rencontre, on les fait descendre jusqu'au creuset; on agite la matière qu'il contient, afin d'y faire amollir celle qui y est descendue nouvellement: lorsqu'on croit que tout est fondu, on cesse de mouvoir les soufflets; on deterre le fourneau, on ôte tout le fraïsil, dont on l'a entouré, & on renverse la tour.

Alors le creuset est découvert, la matière est prête à être coulée dans les moules; les moules ont été préparés à la recevoir: il faut ôter le creuset de place & le porter au-dessus de ces moules. La manière commune d'enlever le creuset de son trou, c'est de passer une barre de fer dans l'anse de cette cuillier, dans laquelle nous l'avons vu mettre, & c'est seulement pour pouvoir retirer le creuset avec plus de facilité, & le renverser, qu'on a donné une anse & un manche à cette espèce de cuillier. On passe donc une barre de fer
dans

dans l'anse, deux hommes prennent cette barre, chacun par un bout, ils portent le creuset auprès des moules; un troisieme Ouvrier tient le manche de la cuillier, au moyen duquel il fait pencher le creuset, & lui fait verser le fer fondu dans un moule.

Le Sieur Cusin, Ouvrier industrieux du Faux-bourg Saint Antoine, a une maniere moins fatigante de porter le creuset; à quelques pieds de distance du fourneau, il a planté un arbre vertical de plusieurs pouces d'équarissage *: le bout supérieur de cet arbre porte un levier *, dont la plus courte branche a assés de longueur, pour que son bout aille jusques vis-à-vis le fourneau. Le levier tourne librement sur l'arbre qui le soutient, il est passé dans un anneau qui fait partie de la tête d'un boulon de fer. Ce boulon a près d'un pouce de diamètre, il entre verticalement dans l'arbre, il est logé dans un trou, où il tourne avec facilité *. A la plus courte branche du levier tient une chaine terminée par un crochet. Quand on veut enlever le creuset, on engage l'anse de la cuillier dans ce crochet, & afin d'avoir moins de peine à soulever le tout, on a soin de charger l'autre branche d'un poids qu'on augmente selon le besoin: de sorte que le levier seul porte le creuset. En faisant tourner le levier, on conduit le creuset au-dessus des moules; on a eu attention de les disposer à peu près dans la demi-circonférence que parcourt le bras qui est chargé du creuset:

* Pl. 13. f.

* g. g.

* 9, 10, 11.

à mesure que le creuset a été conduit au-dessus d'un moule, un homme prend le manche de la

* Fig. 3 & 4. cuillier, & incline le creuset *.

Nous ne nous arrêterons point à expliquer la construction des moules, & leurs différences, c'est un des principaux détails de l'art du Fondeur. Les moules qui sont représentés, *pl. 13.* sont simplement chargés de poids, & il y a des cas où ils doivent être serrés dans une presse, comme ceux de la *pl. 12.*

Quand le creuset a été enlevé de sa première place, le fer fondu étoit encore couvert de charbon, & de scories fluides, sçavoir, de matière vitrifiée, ou laitier, qui a été fournie par le fer à mesure qu'il s'est affiné, & aussi par les cendres du charbon qui ont été réduites en verre. Avec quelque outil, quelque barre de fer, quelque espee de ratissoire, on ôte d'abord les charbons; & ensuite on tâche de retirer toute la matière vitrifiée qui fourne le fer; comme elle est fluide, il ne seroit pas aisé de l'enlever, sans enlever en même tems du fer fondu; un expédient simple en donne la facilité.

Un Ouvrier arrose d'eau la matière du creuset, & cela avec un linge mouillé, qui est attaché au bout d'un bâton. Aussi-tôt un autre Ouvrier avec un bâton, ou avec quelque outil, pousse par-dessus les bords du creuset tout ce qu'il trouve avoir quelque consistance, ce n'est que la matière vitrifiée qui en a pris; outre qu'elle est plus aisée à

refroidir que le fer, c'est que l'eau est tombée immédiatement sur elle. On continuë de même à jeter de l'eau à sept ou huit reprises différentes, & à retirer du creuset toute la matiere que le bâton peut entraîner; la surface du fer est alors bien nette, bien découverte, enfin il ne reste plus qu'à faire couler ce métal dans les moules.

Le peu d'eau dont on arrose la surface du fer à diverses reprises, paroît contribuer à le bien affiner; comme on remuë le métal en ôtant la crasse, le laitier qui s'est figé, on donne la facilité à de nouveau laitier de venir sur la surface, d'où on peut toujours le retirer. On peut réitérer l'opération tant que le fer ne paroît pas perdre de sa fluidité, mais on prendra garde que ce métal ne s'épaississe, & ne devienne trop peu coulant.

Le fourneau que nous avons décrit est construit très grossièrement, mais après tout il donne idée de la maniere dont il s'y faut prendre, pour faire mieux: on voit assés qu'on peut établir le creuset plus solidement que dans une marmite de fer fondu. J'ai fait faire un bâtis de barres de fer, & rempli les intervalles que laissent les barres avec de bonne tole *

* Pl. 14.

Pour la tour plus elle sera haute, & mieux le fer s'y fondra; son assemblage sera plus sûr & plus stable, s'il est de tole que de fragments de marmites, toujours mal ajustés les uns sur les autres. Cette enveloppe de tole n'est faite, que pour soutenir la terre dont elle est revêtuë intérieurement:

pour que la terre s'y soutienne mieux, qu'il ne s'en détache jamais de grandes pieces, & afin qu'il soit plus facile d'en remettre en la place de celle qui sera tombée, on lardera cette tour de clouds dont les têtes seront en dehors, & dont les pointes penetreront horizontalement en dedans; plus les clouds seront près les uns des autres, & mieux la terre sera retenüe.

Au lieu de ces clouds on a mis en dedans d'une tour que j'ai fait faire, des verges de fer repliées par leurs deux bouts *, & qui ont toute la longueur de cette tour; elles ne sont éloignées les unes des autres que d'un pouce: la terre se trouve enchassée entre ces verges de fer, & elle les recouvre au moins d'un pouce.

* Pl. 14. H.
H2. H3.

* Fig. 12.

Nôtre fourneau a son creuset enterré. J'en ai fait construire un, dans une situation tout-à-fait différente; le creuset est en l'air, son fond est éloigné de terre de plus de 14. à 15. pouces; il est soutenu dans cet état par deux tourillons, qui sont portés par deux montants d'un assemblage de bois *. Je n'expliquerai point en détail les particularités de ce fourneau, on en sera assés instruit par la planche & son explication; on peut y faire des additions qui le rendront plus commode.

Ce que je me suis proposé principalement, c'est qu'on ne fût plus dans la nécessité de renverser la tour chaque fois qu'on a à couler la fonte; par cette manœuvre le fourneau se refroidit; il n'est pas aisé de le redresser sur le champ;

chaque fois qu'on veut fondre, on est donc obligé de recommencer sur nouveaux frais, on ne profite point, ou on profite peu du charbon qui a été brûlé auparavant. Au lieu de porter le creuset sur les moules, dans nôtre nouvelle disposition, on apporte les moules sous le creuset; on incline ce creuset, on lui fait verser sa matiere sans le déplacer, & sans ôter la tour. La tour fait en quelque sorte corps avec lui, ou ils sont liés ensemble par des barreaux de fer aussi solidement que s'ils faisoient corps; même pour incliner le creuset, on prend deux branches de fer attachées, ou enclavées dans un lien qui entoure le haut de la tour; un homme se saisit d'une branche, & un autre de l'autre *, en abaissant le haut de la tour, ils font pencher le creuset qui verse la matiere dans des moules qui la reçoivent. Si les moules sont dans une presse, un Ouvrier avance ou recule, incline ou redresse la presse, à mesure qu'un des moules est rempli, il est attentif à bien présenter l'ouverture d'un autre au métal qui coule. On peut même placer les moules sur une espece de petit chariot, dont un Ouvrier tiendra le timon, ce qui donne plus de facilité à les mouvoir & à les incliner de la façon qu'on trouve la plus convenable.

Fig. 2. 1. 1.

Comme il n'est pas aussi aisé de verser la matiere qui sort de ce grand creuset dans l'ouverture du moule, qu'il est aisé de verser celle d'un petit creuset qu'on tient avec des tenailles; on

* X.

trouvera commode de se servir, comme je l'ai fait pratiquer, d'un petit entonnoir de terre cuite*, ou si on le veut plus durable, de fer forgé, ou de cuivre fondu. On place cet entonnoir au-dessus de l'ouverture du moule. Il est soutenu par une

* Z1. piece de fer*, qui au milieu forme une espece de collier assés grand pour laisser entrer l'entonnoir jusqu'à un certain point. Cette piece de fer près de ses deux bouts est repliée à equerre, & à des distances telles l'une de l'autre, qu'entre les deux parties repliées il y a precisément une distance égale à la largeur des chassis, dont le moule est formé. Ce n'est pas une dépense que d'avoir de ces pieces de toutes les grandeurs dont on a des chassis; mais avec des vis on peut mettre la même piece de fer en état de servir à des chassis de différentes grandeurs. Avant de poser l'entonnoir en place, on aura la précaution de le faire chauffer; on le placera aussi de façon qu'il reste quelque distance entre le bout de son tuyau & le trou, ou jet du moule, afin de pouvoir remplir le moule sans qu'il reste de métal dans l'entonnoir.

* a, a, b, c, d.

Dans la *pl. 14.* qui represente le nouveau fourneau, il y est placé sur un bâtis de bois*, dont les quatre piliers ont des roulettes; ce que j'ai fait faire pour qu'on le pût changer de place à son gré; mais cette disposition n'est nullement nécessaire. Les piliers qui porteront le fourneau, peuvent être fixes; il peut même être soutenu d'un côté par une potence scellée dans un mur.

Au lieu d'un soufflet, qui ici est encore porté par le chassis de bois qui soutient le fourneau, on peut disposer, & de toute autre maniere, deux soufflets; l'activité du fourneau n'en fera que plus grande. On augmentera la grandeur des soufflets, & on les fera mouvoir avec plus de force, & de vitesse, selon qu'on voudra construire un fourneau capable de contenir plus de fer en bain: mais on remarquera qu'un seul soufflet mu une fois plus vite, équivaut à deux soufflets, chacun de même grandeur que le précédent, mais mus la moitié moins vite.

Quand le creuset est enterré, il est placé plus favorablement pour conserver sa chaleur, que lorsqu'il est au milieu de l'air; pour remédier à ce que cette dernière disposition a de désavantages, on donnera à l'espece de boîte, à l'espece de calotte de tole * qui forme les parois extérieures * P, P. du creuset, plus de profondeur & de diamètre que le creuset ne le demanderoit; & dans celle-ci on en mettra une seconde, moins profonde, & qui n'aura un diamètre égal à celui de l'extérieure qu'auprès des bords; ce sera alors cette dernière qu'on recouvrira de terre & qui formera le vrai creuset. Il restera un vuide entre ces deux especes de calottes de tole; l'extérieure sera percée de trois ou quatre ouvertures assez grandes pour laisser entrer des charbons allumés qui rempliront le vuide, & échaufferont le fond & les parois extérieures du véritable creuset.

On fera quelque chose d'équivalent à la seconde calotte, en arrangeant divers morceaux de fer de façon qu'un de leurs bouts porte contre le bord supérieur de la calotte de tole, & que l'autre bout de tous ces barreaux aille se réunir autour d'un même point. Ils renfermeront une espèce de cone ;
 * Q. R. ils formeront une espèce de grille conique * qu'on enduira intérieurement de la couche de terre qui doit former le creuset.

Qu'on ne cherche pas à rendre le creuset trop solide, en donnant beaucoup d'épaisseur à la couche de terre ; il auroit peine à s'échauffer, la fonte qui toucheroit le fond, pourroit se figer ; que son épaisseur soit d'un pouce, ou peu davantage, & elle sera suffisante.

On aura soin de réserver une ouverture tout au bas de la tour *, opposée à peu près à celle où est la tuyere ; son usage fera juger de la grandeur qui lui convient. Chaque fois qu'on sera prêt à couler la fonte, on fera entrer par cette ouverture un ringard crochu, quelque espèce de ratissoire avec laquelle on entraînera les charbons & surtout toutes les crasses, toute la matière vitrifiée, qui surnagent la fonte.
 * D.

Les grands fourneaux dont nous venons de donner quelque idée, sont nécessaires pour jeter en moule de ces grosses pièces dont la matière ne sauroit être contenue dans les creusets qu'on peut placer dans les fourneaux ordinaires des Fondeurs : mais on réussira mieux aux petites pièces,

ces, aux pieces délicates, si on fait fondre le fer dans les creusets ordinaires. Ce n'est pas que le metal ne soit mis dans les grands fourneaux, en une aussi parfaite, & même en une plus parfaite fusion, mais il n'est pas aussi aisé de le conduire dans de petits moules. D'ailleurs le déchet du poids de la fonte est plus considerable, quand le feu agit immédiatement dessus, que quand il n'y agit qu'au travers des parois d'un creuset.

Pour les ouvrages grossiers de fer fondu qu'on a faits jusques à present, on a deux manieres de remplir les moules de fonte. Pour faire des canons, des tuyaux de conduite d'eau, des contrecœurs de cheminée, depuis ces especes de grands moules jusques au fourneau, on dispose des rigoles en pente, par où le metal coule dès qu'on a fait une ouverture au fourneau pour le laisser sortir. Pour mouler des marmites, des pots, on puise dans le fourneau même la fonte avec une grande cuillier de fer, & on porte sur le moule la matiere qu'on veut y faire entrer. Mais de la fonte blanche, de la fonte plus raffinée qu'on transporterait si loin avant de la verser dans le moule, seroit rarement assez fluide pour remplir les impressions qui ont laissé les modelles des pieces minces & délicates ; à moins qu'on n'ait attention de bien chauffer les cuilliers dans lesquelles on veut prendre la fonte liquide, & de placer les moules bien près du fourneau.

Une des choses à quoi on s'attachera le plus, . .

fera donc de rendre la fonte tres-liquide, & de lui conserver sa liquidité jusques à l'instant qu'elle entre dans les moules. Mais que ce soit par la seule ardeur du feu, qu'on la rende ainsi liquide, que pour y mieux reussir on n'y mêle point de fondants, au moins pour les ouvrages ordinaires. Ceux qui contribuent à la mieux fondre lui donnent des dispositions contraires à l'adouccissement qu'on veut lui procurer. Dans une épreuve où je faisois adouccir divers ouvrages de fer fondu, il y en avoit que j'avois placés plus favorablement qu'aucuns des autres, & que j'avois envie qui fussent les mieux adouccis: tous les autres le furent cependant parfaitement, & ceux-là seuls le furent tres-mediocrement. Je cherchai avec inquietude à démêler la cause d'un succès si contraire à mon attente, jusques à ce que le Fondeur m'eût avoué que pour mieux fondre son fer, & plus promptement, il avoit jetté du soufre dans le creuset.

Je ne prétends pas néanmoins exclure les fondants dans toutes circonstances; je pourrai donner ailleurs des observations que j'ai faites sur les cas, où on peut les employer; mais que les Fondeurs ne s'avisent pas d'en mettre dans les ouvrages ordinaires, dans ceux qu'ils ne voudront pas rendre plus difficiles à adouccir.

Les Fondeurs sçavent qu'il importe que les moules dans lesquels ils ont à couler du metal soient tres secs; c'est quelque chose de les bien secher. Mais on s'attachera encore à les tenir les

plus chauds qu'il sera possible ; lorsqu'ils seront prêts à recevoir notre fer fondu. Il est certain que plus ils seront chauds , & moins le metal s'épaissira en coulant dedans ; plus il sera en état de remplir parfaitement les moules. On ne sçauroit donc leur donner un trop grand degré de chaleur, pourvû qu'on le leur donne avec des précautions qui empêchent qu'il ne s'y fasse interieurement des fentes ou des gersures. Les chassiss des moules en sable sont de bois, & par là peu en état d'être exposés à un grand feu ; mais je ne vois nul inconvenient à faire de pareils chassiss de fer ; il n'en faudroit pas une grande provision, il suffiroit d'en avoir pour y mouler les pieces les plus fines, celles qui demandent au fer fondu plus de fluidité.

Après même que le fer fondu a été jetté dans les moules , souvent il exige encore l'attention du Fondeur. On sçait qu'il est extrêmement cassant ; mais nous devons apprendre qu'il l'est au point de se casser de lui-même dans les moules, sans recevoir aucun coup. Quand on veut retirer des pieces, qui d'ailleurs étoient bien venues, souvent on les trouve cassées, presque d'outre en outre ; quelques fois elles ont seulement de legeres fessures, mais qui les affoiblissent toujours, & les rendent pour l'ordinaire des pieces inutiles. Cet accident n'arrive guere qu'aux pieces minces, & il arrive sur tout à celles qui sont minces & grandes. Notre fer fondu, bien affiné, est presque cassant comme le verre ; & il se casse de même si on le laisse

refroidir trop subitement : on doit donc chercher à prévenir cet accident par un expedient semblable à celui qui conserve entiers les ouvrages de verre ; aussitôt que ces ouvrages sont faits , on les porte dans des fourneaux appelés *archets*. La chaleur de ces fourneaux entretient pendant quelque temps celle du verre , elle ne la laisse diminuer que peu à peu ; le verre ainsi refroidi peu à peu conserve la figure qu'on lui a fait prendre. Avec une précaution équivalente , on empêchera sûrement les ouvrages de fer fondu de se casser. Dans une Manufacture on fera la dépense d'un four semblable à ceux des Boulangers & Patissiers * , on le chauffera comme les leurs avec le bois ; on le tiendra chaud pendant tout le temps qu'on jettera du fer en moule. Aussitôt que la matiere y aura été jetée , on ouvrira les moules , on en retirera l'ouvrage tout rouge , & sans perdre un instant , on le mettra dans le four où il se refroidira peu à peu.

Sans faire la dépense de bâtir un four , j'ai conservé les ouvrages les plus minces , les plus délicats , d'une maniere qui peut être pratiquée par tout ; ça été de faire allumer un tas de charbon , tout auprès des moules * , dès que le fer avoit été coulé , je les faisois ouvrir , j'en retirois l'ouvrage que j'enfonçois sur le champ dans le tas de charbon.

L'avidité du Fondateur est souvent cause que les ouvrages minces se cassent dans les moules. Quoiqu'ils n'aient que de petites pieces à mouler , ils les mettent autant en risque de se casser , que si

* Pl. 12. q.

* Pl. 12. p.

elles étoient considérablement plus grandes, & aussi minces. Et cela parce que pour n'avoir pas la peine de préparer tant de chassis, ils les remplissent du plus grand nombre d'empreintes qu'il est possible, qui toutes se communiquent. Ces empreintes de differents ouvrages, ou du même ouvrage repeté, mettent chaque ouvrage presque dans le risque où il seroit s'il avoit une grandeur approchante de celle du chassis; & plus que s'il avoit seul celle de toutes les autres pieces ensemble. En voici la raison, par une seule & même ouverture du chassis*. Ils coulent la matiere qui doit * Pl. 12. N. remplir les differentes empreintes; par conséquent toutes les pieces qui ont été moulées se communiquent par des tuyaux, par des especes de canaux, des jets*. Ces jets se remplissent, comme le * P. reste, de matiere qui s'y fige, toutes les pieces du moule se trouvent liées ensemble, ou n'en faire qu'une qui a des découpures*. Or il est aisé de voir * Q, R, S, pourquoi une piece plus elle est grande, plus elle T, V, X, Y. est exposée à se casser. Car elle ne se casse que par ce que toutes les parties ne diminuent pas de volume, ne se retirent pas en même proportion; s'il y en a qui ne suivent pas les autres, là se fait une fracture. Un corps d'une matiere extrêmement cassante, comme le verre, exposé à l'air se casseroit en se refroidissant par cette seule raison. Mais un corps d'une matiere un peu moins cassante, comme notre fonte, peut se casser dans des moules, dans des circonstances, où elle ne se casseroit pas au

milieu d'un air qui auroit seulement le degré de chaleur des moules. Les parties des pieces, qui sont engagées dans le moule, pour se retirer, ont à vaincre la résistance que leur oppose le sable contre lequel elles frottent; & cette résistance est d'autant plus grande & d'autant plus considérable par rapport à l'ouvrage, que cet ouvrage à plus de surface, & moins d'épaisseur.

Il est rare que les grosses pieces se cassent dans les moules; & cela parce que plus elles sont épaisses, & plus lentement elles se refroidissent, & plus aussi elles ont de force pour vaincre les frottemens. D'ailleurs la résistance qu'elles trouvent dans le sable est moindre proportionnellement à leur volume; la résistance étant en raison des surfaces.

Si les Fondeurs veulent absolument remplir beaucoup leurs chassis au moins devroient-ils y multiplier les ouvertures par où ils jettent le métal fondu, ils ne seroient plus dans la nécessité d'ouvrir tant de canaux de communication.

Quand ils feront faire des modelles de nouveaux ouvrages, qu'ils évitent de faire trouver une partie grosse, tres-renflée, tout au près d'une partie mince de quelque étendue; autrement, dans l'ouvrage qui aura été coulé en fer sur ce modelle, la partie mince sera en risque de casser dans le moule, pour les considérations précédentes, ou de mal venir. Mais si l'ouvrage demande absolument qu'il y ait des parties tres-grosses, tres-renflées; qui tiennent à des parties minces; le

plus sûr sera de mettre des noiaux dans les endroits renflés, afin qu'ils viennent creux. La forme de l'ouvrage n'en fera point changée, & les endroits, qui auroient été considérablement trop épais, n'ayant plus qu'une épaisseur proportionnée à celle des parties minces avec lesquelles ils tiennent, ils ne mettront plus ces dernières si en risque de laisser des vuides.

Il est arrivé à des pièces que je n'avois pas mis refroidir à une chaleur douce, de se casser plusieurs heures & même un jour après qu'elles avoient été entièrement refroidies. Cet accident arrive aussi quelquefois au verre. M. Hombert pour conserver les verres à qui il avoit fait prendre l'empreinte des pierres gravées, les égrisoit tout au tour; & il prétendoit qu'alors ils étoient hors de risque. On défigureroit nos ouvrages de fer fondu, si on les égrisoit, on pourroit tout au plus faire cela à leurs jets. Mais cet accident m'a paru si rare, qu'il ne me semble pas être de ceux à qui il importe beaucoup de trouver remède; & je doute même que les ouvrages, qui après avoir été tirés du moule, auroient été refroidis au milieu des charbons, y soient sujets.

Un dernier avertissement que je donnerai encore aux Fondeurs sera de faire les jets, les canaux qui conduisent la matière dans le creux des moules, le plus minces qu'il leur sera possible; qu'ils ne donnent aux jets & évents, que ce qui est nécessaire, pour que la matière coule facilement, qu'

ils compensent autant qu'ils pourront par la largeur, ce qu'ils donneroient en profondeur. Il seroit désagréable d'être obligé d'adouccir avec l'ouvrage tous les jets qui y tiennent * ; il faut donc casser les jets ; or s'ils ont l'épaisseur, ou une épaisseur approchante de celle de quelques unes des parties de l'ouvrage, dans le temps qu'on frappera sur le jet, il arrivera souvent qu'on cassera quelque une des parties minces ; si les jets sont foibles, elles ne seront pas exposées à cet accident.

* Pl. 12. Q
R, S, T.

Quand il y a de gros jets & qu'on veut absolument les abbatre, tout ce que j'ai trouvé de plus sûr, c'est de mettre l'ouvrage à la forge, & de le faire rougir, surtout dans l'endroit où on veut le casser ; on le portera ensuite sur l'enclume, on fera en sorte que la partie qu'on veut séparer du reste n'y pose point à faux, on mettra dessus un ciseau, & on frappera sur le ciseau, comme pour lui faire couper du fer forgé, mais pourtant à plus petits coups



Explication de la douzieme planche.

L E haut de la planche represente deux petits fourneaux à fondre, & des Ouvriers occupés à tout le travail qui en dépend.

a, b. Est un angar, sous lequel on a placé le fourneau qui est ordinairement dans la boutique de nos Fondateurs de menus ouvrages.

c. Le fourneau de ces Ouvriers, qui est le même dont les coupes sont représentées dans la planche 2.

La fig. 1. tire le soufflet de ce fourneau.

d, d. La caisse, espece de huche qui contient le sable dont on remplit les moules.

e, e. Moules qui sont à secher.

f. Est un petit fourneau portatif, à qui le vent est fourni par le soufflet d'une forge.

g. Tuyau qui conduit le vent du soufflet, h, dans ce fourneau.

i, k. Forge roulante, quand on s'en sert en qualité de forge, le soufflet est redressé, & souffle vers l'endroit k.

La fig. 2. verse dans un moule le métal fluide du creuset, qui vient d'être tiré du fourneau, f.

m. La presse dans laquelle les moules sont serrés.

n. Trois moules renfermés dans cette presse.

o. Moule ouvert.

La fig. 3. met dans un tas de charbons, p, les pieces

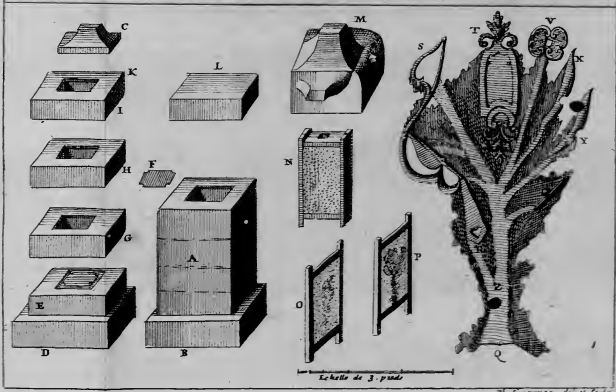
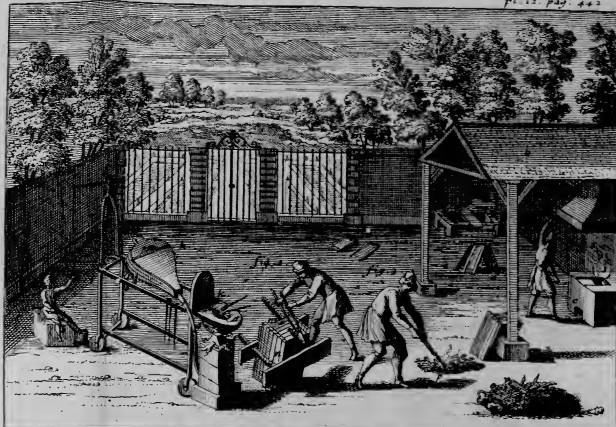
K k k

qu'elle vient de tirer toutes rouges du moule, o.

- q. Four semblable à ceux des Boulangers, dans lequel on peut mettre les pieces à mesure qu'on les tire des moules.

Bas de la planche.

- A. Le petit fourneau portatif.
 B. Pierre sur laquelle il est posé.
 C. Son couvercle.
 D, E, F, G, H, I, K. Sont toutes les pieces qui composent la figure precedente, séparées les unes des autres.
 D. La pierre.
 E. La piece qui forme le cendrier, qui s'ente a interieurement un rebord pour soutenir la plaque de fer dont les angles sont abbatus.
 F. Cette plaque de fer.
 G, H, I, K. Les autres pieces du fourneau.
 L. Piece de terre molle, façonnée quarrément, qu'il ne reste plus qu'à percer pour en faire une piece pareille à une des precedentes.
 M. Serre-feu d'une figure plus avantageuse que les Serre-feux ordinaires, & qui mis sur une forge, y tient lieu d'un fourneau.
 N. Moule, dans lequel on suppose qu'on vient de couler du métal.
 O, P. Est le moule N ouvert: ce sont les chasses dont il est composé, remplis de sable, où l'ouvrage paroît moulé.
 Q, R, S, T, V, Y, Z. Le fer fondu qui a été coulé dans le moule N, & qu'on imagine en avoir été re-



tiré; les differents ouvrages tiennent ici ensemble par les jets. R, S. est une branche de bride. T, une platine de targe. V, une garde d'épée. X, Y, des platines de fusil. Q, Z, est le tronc du jet qui a fourni des branches pour remplir toutes ces pieces: les endroits où nous avons recommandé de tenir les jets minces, sont ceux où ils rencontrent les ouvrages.

Explication de la treizieme planche.

Elle represente le fourneau ordinaire où l'on fond la fonte de fer, en la jettant avec les charbons, sans la mettre dans un creuset particulier.

Le haut de la planche fait voir un de ces fourneaux en place, où l'on fond actuellement le fer. Il montre aussi comment on coule dans les moules le fer qui a été fondu dans un autre fourneau.

Les fig. 1. & 2. font mouvoir les soufflets.

a, b. La partie superieure du fourneau, dont l'inférieure est enterrée dans le fraisil, ou la poussière de charbon.

b. Est l'ouverture dans laquelle on jette le charbon, & les morceaux de fonte.

c, c. Tas de poussière de charbon qui entoure le bas du fourneau.

d. La tuyere qui reçoit les bures des soufflets.

e. Tas de charbon.

e 2. Tas de fragments de fonte.

f. L'arbre qui porte le levier, au moyen duquel on enleve facilement la poche, le creuset, qui fait le fond du fourneau.

g, g. Ce levier.

h. Est le crochet dans lequel on passe l'anse qui sert à soulever le creuset.

Les fig. 3. & 4. sont occupées à verser dans des moules le fer qui a été fondu dans un autre fourneau, mais entierement semblable au precedent. La fig. 2. conduit, fait tourner le levier, à un des bouts duquel est suspendue la poche, le creuset où est le fer fondu.

La fig. 4. tient le manche de la cuillier, & penchant la poche, lui fait verser son métal dans un moule.

i, i. Trou où la poche étoit cy-devant placée.

l. Tour qui couvroit la poche renversée.

k, k. La poche ou le creuset.

m. L'anse de la cuillier.

n. Moule dans lequel on verse la fonte.

o. Moule rempli.

p. Moule à remplir.

Le bas de la planche fait mieux voir la construction de quelques-unes des parties représentées dans le haut.

A, A, B, B, C, D. La poche, ou le creuset qui fait le fond du fourneau. A, A, B, B, Est le vieux chaudron. C, Est la terre qui s'élève au-dessus de ses bords. D, Est l'échancrure ménagée pour recevoir la tuyere.

E, F, G, H, I. La tour du fourneau, cette partie qui se rapporte sur la poche. E, G, H, I, sont les différentes pieces dont elle est composée, qui ordinairement ne sont pas aussi propres à s'ajuster bien ensemble, qu'elles le sont ici. E, L'échancrure qui reçoit la tuyere.

K. La tuyere représentée séparément.

L, L, M, M, N, O. Est une coupe du creuset, ou de la poche.

M, L, L, M. Est le vieux chaudron, ou pot de fer, revêtu en dedans d'une couche de terre sablonneuse.

M, N. La partie de la terre qui s'élève au-dessus du chaudron. O, La tuyere qui est en place. Ce qui est au-dessus d'N, est la coupe de la piece F. de la fig.

E, F, G, H, I.

P, P, Q, Q. Coupe des pièces G, H, de la tour. Une partie depuis P, P, jusques en Q, Q. est revêtuë de terre.

R. La partie supérieure I, de la tour. On a arrangé à son ouverture des morceaux de fonte comme ils le sont à chaque charge; alors c'est le charbon qui les soutient.

S. Divers fragments de fonte.

T, V, X, X. La cuillier dans laquelle on met la poche.

Y. L'anse de cette cuillier.

Z, V. Son manche de fer, qui entre en partie dans un manche de bois.

1. 2. 3. Marquent la poche placée dans la cuillier.

4. L'anse suspenduë à un crochet.

5. 6. Différents crochets qui suspendent la cuillier à un des bouts du levier, 7. dont il ne paroît ici qu'une partie..

8. 9. 10. 11. Est la coupe d'une partie de la figure marquée f dans le haut de la planche.

8. Anneau dans lequel passe le levier.

9. 10. Boulon qui porte l'anneau precedent.

11. 12. Coupe de l'arbre, dans laquelle on trouve la tige du boulon qui y tourne librement.

12. Poids qu'on suspend au bout du levier, pour contre-balancer le poids du creuset.
13. Moule.
14. Mortier qui a été coulé dans ce moule.

Explication de la quatorzieme planche.

LE haut de la planche represente en perspective ce fourneau à fondre le fer, sous lequel on porte les moules, vû dans deux temps differents.

La fig. 1. le represente dans la situation où il est, lorsqu'on y fond le métal.

La fig. 2. represente la position où on le met pour lui faire verser le métal fondu.

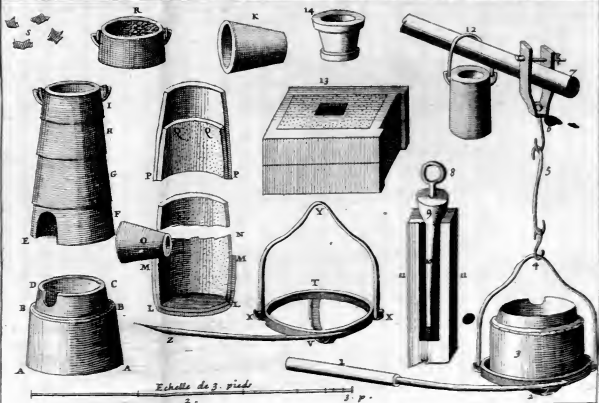
a, a, a, a. Fig. 1. & 2. sont les roulettes, sur lesquelles porté tout l'assemblage.

b, b, c, d. Quatre montants maintenus à l'ordinaire par des traverses.

d. Est un montant beaucoup plus élevé que les autres, parce qu'il porte des pieces, qui servent à faire mouvoir le soufflet.

f. Le soufflet dont le bout, la bure, fig. 1. entre dans la tuyere du fourneau, & dont la même bure fig. 2. est hors du fourneau. Avant de renverser le fourneau, comme on l'a fait dans la fig. 2. on pousse le soufflet en arriere, ce qui est facile, parce que les deux branches de la piece de fer recoudée, qui le soutient par derriere, entrent dans des entailles percées d'outre en outre dans chaque traverse, dans toute la longueur, h h.

g. Le fourneau, droit fig. 1. & renversé fig. 2. En i, i.



Echelle de 3. pieds

2.

3. p.

sont deux cremailleres qui reçoivent les deux tourillons qui portent le fourneau, & sur lesquels il peut tourner. Au moyen des cremailleres i, i, on peut placer le fourneau plus haut, ou plus bas selon qu'on le trouve nécessaire. En g. fig. 2. le fourneau est entouré d'une épaisse frette de fer, dans deux endroits de laquelle, diamétralement opposés, s'engagent les leviers, avec lesquels les Ouvriers, k, abaissent le fourneau: ils en soutiennent aisément le poids, dont on pourroit pourtant les décharger en partie par des contrepoids.

L'Ouvrier l. fig. 2. tient les deux vis d'une presse, dans laquelle le moule, ou les moules sont gênés.

o. Echelle où l'on monte pour charger le fourneau, soit de charbon, soit de fonte.

p. Perche qui fait ressort & oblige le soufflet de s'abaisser.

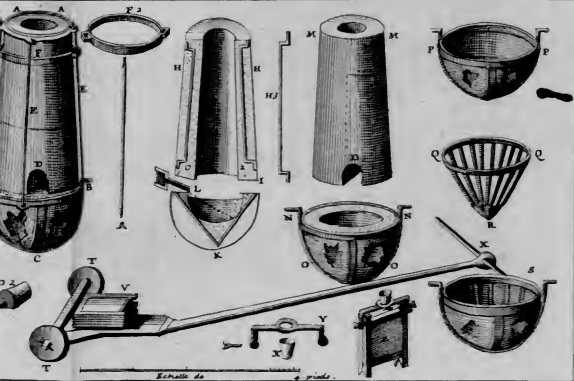
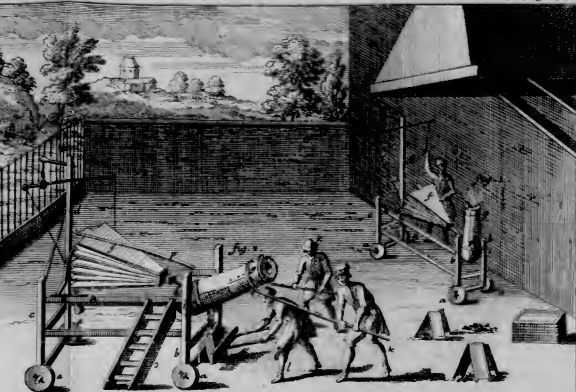
Bas de la planche.

On n'y a point mis le détail de tout ce qui regarde la charpente qui porte le fourneau, parce que c'est une disposition absolument arbitraire, & qui ne convient même qu'à ceux qui veulent faire marcher leurs fourneaux, ce qu'on ne cherche guere dans des manufactures. Mais on y a un peu plus développé ce qui regarde le fourneau même.

A, A, B, B, C. Est le fourneau entier représenté séparément.

A, A, B, B. Est la tour. B, B, C, La poche, le creuset, le fond du fourneau. B, B, Les deux tourillons par lesquels il est soutenu.

- D. La porte par où on donne écoulement au fer fondu ; pour cela seul il seroit inutile qu'elle fût si grande ; mais elle sert de plus à donner passage aux crochets qu'on fait entrer pour retirer les crasses & le charbon qui surnagent la fonte, qu'on est prêt à couler.
- D 2. Cette porte représentée séparément.
- E, E. Verges de fer assemblées à vis, par leur bout supérieur, avec la tour, & par leur bout inférieur avec la poche.
- F. Frette de fer dans laquelle on engage les leviers, par le moyen desquels on abaisse la tour.
- F 2. Cette frette représentée séparément.
- G. Un des leviers qui servent à abaisser la tour.
- H, H, I, K. Est une coupe de tout le fourneau qui en fait voir l'intérieur. I, L'ouverture par où sort la fonte. L, La tuyère dont la direction est suivant la ligne ponctuée.
- O, H, H. 2. Est de part & d'autre de la coupe une lame de fer attachée par ses deux bouts contre les parois de la tour, & qui contribue à soutenir la terre ; l'intérieur en a de pareilles assez proches les unes des autres, mais qui ne paroissent pas ici à cause de la terre dont elles sont recouvertes.
- H 3. Une de ces lames de fer, séparément.
- M, M. La tour représentée séparément, ou D, est l'ouverture par où on retire les crasses. O, B, B, A, A.
- N, N, O, O. Le creuset, la poche dont l'intérieur est tout garni de terre représentée séparément. O, O, Les ouvertures par où on fait entrer les charbons qui empêchent le fond du creuset de se refroidir.



- P, P. L'enveloppe extérieure de la poche, la calotte extérieure dont l'intérieur n'est pas encore rempli.
- Q, Q. Espèce de grille conique qui se place dans la capacité P, P.
- S. La grille mise en place dans la poche, & prête à être recouverte de terre pour devenir semblable à la fig. N, N, O, O.
- T, T, X. Le charriot sur lequel on peut mettre les grands moules. V. Moule posé sur le charriot.
- X. Entonnoir qu'on pose sur le moule. Pour mieux conduire le métal dans le moule p, on pourroit faire des tuyaux de conduite, qui partiroient du fourneau; mais il les faudroit faire chauffer avant d'y couler la matière.
- Y. Piece de fer qu'on assujettit sur le moule, & qui porte l'entonnoir.
- Z. Un moule sur lequel l'entonnoir est placé.





TROISIEME MEMOIRE

Où sont rapportés les essais qu'on a faits de différentes matieres pour adoucir le fer fondu, & quelles sont celles que ces essais ont montré y être les plus propres.

NOUS supposons, qu'au moyen des Arts connus, de la fonte blanche & bien affinée, a été fonduë & jettée dans des moules, dont elle a rempli exactement les empreintes; en un mot qu'on a, ou qu'on peut avoir des ouvrages de fer fondu bien conditionnés, mais qu'il reste à les adoucir, pour leur ôter partie de leur roideur, & surtout de leur dureté, afin qu'ils deviennent en état de se laisser reparer. L'importance dont ce secret m'avoit paru, me l'a fait chercher il y a déjà du temps, & même avant que je songeasse à celui de convertir le fer en acier. Il n'y avoit pas de doute, qu'il ne fallut faire agir le feu pour operer dans le fer fondu un changement pareil à celui que je souhaitois; mais je m'étois convaincu que l'on ne devoit pas l'attendre de l'action immediate du feu. Je sçavois que les contrecœurs des cheminées des grosses cuisines conservent leur dureté, quoiqu'ils aient resté pendant longues années en une pla-

ce où ils ont été chauffés vivement , & à bien des reprises. Je pensai donc qu'il falloit renfermer dans des creusets le fer fondu qu'on cherchoit à adouccir , & l'entourer de matieres qui , avec le secours du feu , produiroient cet effet.

Après diverses tentatives , dont quelques-unes m'avoient fait croire que j'étois dans la bonne voie, j'abandonnai pour quelque temps ce travail pour suivre celui de la conversion du fer en acier , qui étoit en quelque sorte la matiere du temps ; tous les jours on voyoit gens qui se présentoient avec ce prétendu secret , & qui répondoient mal aux esperances qu'ils vouloient donner. J'ai dit que j'abandonnai mes experiences sur le fer fondu pour suivre celles de la conversion du fer en acier , j'aurois dû dire que je crus les abandonner. Je les continuai réellement en travaillant à convertir le fer en acier ; mais d'abord sans y penser. Je me trouvais bien du chemin fait pour adouccir le fer fondu ; je me trouvais dispensé de bien des experiences composées , par lesquelles il eût fallu passer , avant de parvenir aux expedients simples qui suffisoient ici , lorsque je fis reflexion à ce que nous avons prouvé ci-devant sur la composition de l'acier , sur son veritable caractère , sur ce qui le différencie essentiellement du fer , sur le caractère que nous avons donné de la fonte de fer ; & sur tout lorsque je fis attention à la maniere de rectifier les aciers qui ont le défaut de se laisser difficilement forger , ou ce qui est la même chose , à la maniere

de décomposer l'acier, que nous avons rapportée dans le huitième Memoire.

En Physique l'experience & le raisonnement doivent s'entr'aider; ceux qui ne veulent que des experiences & ceux qui ne veulent que des raisonnements sont également éloignés d'avancer, surtout dans la Physique utile. Toutes mes reflexions, & toutes mes experiences sur la nature du fer & de l'acier, m'avoient donc appris qu'en convertissant le fer en acier, on le rapprochoit du premier état où il avoit été; que plus il étoit pour ainsi dire acier, plus il étoit proche de redevenir fonte de fer; que les aciers trop penetrés de sels & de souffres, avoient de commun avec la fonte, de se laisser difficilement forger, & de se laisser plus aisément ramollir par le feu que l'acier & le fer ordinaire. Nous avons même cru être conduits par ces raisonnements & ces experiences à conclure* que la fonte de fer bien affinée, bien pure, est une sorte d'acier, mais la plus intraitable de toutes. L'acier difficile à forger devient un acier qui soutient bien le marteau, si on lui enleve ses souffres & ses sels superflus. La fonte a encore plus de souffres que l'acier ordinaire quel qu'il soit.

Qu'y avoit-il de plus naturel que de pousser plus loin ces conséquences? de penser que si la fonte, le fer fondu, est absolument incapable de soutenir le marteau, & est en même temps si dure, que c'est qu'elle est excessivement penetrée de souffres & de sels, c'est ce qui la rend en même temps

* Mem. 9.

plus fusible, plus aisée à ramollir par le feu que ne le sont le fer forgé & l'acier? Je n'eus nulle peine à croire que des souffres fussent capables d'augmenter jusqu'à ce point la dureté d'un métal; j'ai déjà parlé de la grande dureté de certaines Pyrites, qui ne sont ni métal, ni pierre, quoi qu'on leur donne souvent ce dernier nom assés improprement, mais qui ne sont presque que souffres & sels; qu'on les réduise en poudre & qu'on les mette sur les charbons, elles y brûlent presque entièrement, elles y flambent comme le soufre commun, & répandent la même odeur. Cependant ces mêmes Pyrites sont si dures, comme nous l'avons déjà dit, qu'autrefois on en faisoit pour les arquebuses à rouet un usage pareil à celui qu'on fait aujourd'hui des cailloux pour les fusils.

Dès que je crus suffisamment établi que la dureté de la fonte de fer étoit produite par les souffres & les sels dont elle est pénétrée, il me parut que le secret de la ramollir, de l'adoucir, n'étoit que celui de lui enlever une partie de ses souffres; & que le moyen d'y parvenir devoit être le même, pour le fond; que celui que nous avons employé pour corriger le défaut des aciers difficiles à forger. Vraisemblablement, les mêmes procédés, & les mêmes matières qui avoient enlevé aux aciers intraitables leurs souffres superflus, qui pouvoient même ramener ces aciers à être fer, devoient operer quelque chose de semblable sur les fontes; les mettre aussi en un état approchant de

celui du fer forgé. Nous avons vû que les matieres qui produisent ce changement dans les aciers, sont des matieres terreuses, des plus alcalines; & que celles dont l'effet est le plus prompt sur les aciers, sont la chaux d'os, & la craye reduite dans une poudre fine.

Presque sûr du succès de mon experience, je renfermai dans des creusets des morceaux de fonte blanche, fort minces : ceux de quelques creusets étoient entourés de chaux d'os, & ceux des autres de craye. Je donnai quelques heures de feu à ces creusets, après quoi j'en retirai mes fontes. Lorsque je vins à les essayer, je trouvai tout ce que j'avois eséré; que les fontes de dures, de rebelles à la lime, qu'elles étoient, elles s'étoient ramollies au point de se laisser limer comme le fer.

Je comptai pourtant un peu trop sur ce succès; j'eus bientôt une nouvelle preuve de ce dont on a tant d'experiences, que les conséquences du petit au grand ne sont pas toujours bien certaines. Je fis jeter en moule des pieces de fer fondu d'une grandeur raisonnable, épaisses de plus d'un pouce, ou d'un pouce & demi: elles étoient chargées d'ornemens; je les entourai de toutes parts de chaux d'os; je les renfermai dans un fourneau où elles pouvoient chauffer sans être exposées à l'action immediate de la flamme, pareil à nos fourneaux à acier; elles y soutinrent le feu pendant plus de deux jours, & ce n'étoit point trop pour leur épaisseur. Lorsque je vins à les tirer du four-

neau, je trouvai bien du mécompte ; ce n'est pas que les ouvrages de fer fondu n'eussent été adoucis autant que je me l'étois promis ; ils étoient aisés à travailler , mais ils avoient un défaut qui s'accommodoit mal avec l'esperance des grands usages dont je m'étois flatté ; leurs premieres couches s'en alloient toutes en écailles , les feuillages minces , les traits délicats , qui étoient dans le modèle , & qui étoient bien venus dans l'ouvrage moulé , étoient emportés par ces écailles ; on eût pû travailler ces pieces , mais il eût fallu employer bien du temps pour reparer tant de désordres. Ce ne seroit pas assés que d'adoucir le fer fondu de cette façon , alors il ne seroit presque d'aucun usage pour les ouvrages délicats.

Les mêmes principes qui avoient conduit à le rendre aisé à travailler , conduisoient à découvrir la cause de cet accident , & me firent esperer d'y trouver remede. Les matieres terreuses , alcalines , se chargent , s'imbibent des soufres dont le fer fondu est penetré , mais pendant une longue durée de feu , elles en enlèvent trop aux couches les plus proches de la surface ; elles dépouillent les premieres couches du fer de tout ce qu'elles ont d'onctueux , de ce qui lioit leurs parties : ces parties alors se trouvent desunies , & se détachent à la fin , sous la forme d'écailles friables , semblables à celles qui tombent de dessus le fer qu'on forge au marteau , ou du fer qui a été trop chauffé. Ces écailles sont d'autant plus épaisses , & en plus grand

nombre que l'action du feu a été plus longue. Il n'arrive rien de semblable à des morceaux de fonte qui ne soutiennent le feu que peu d'heures, & de là étoit venu le succès de mes premières expériences.

Je pensai qu'à ces matieres trop absorbantes, qui ne rendent point au fer ce dont elles se sont saisies, qu'il falloit joindre une autre matiere qui moderât leur effet ; qui, quoiqu'elle ne pût rendre au fer autant qu'on lui ôteroit, fourniroit au moins assés de parties huileuses pour humecter ce qui se seroit trop deseché ; faire quelque chose d'à peu près équivalent, à ce qu'on pratique, quand on chauffe à la forge du fer qu'on cherche à ménager, dont on veut conserver la surface ; quoiqu'on veuille que le feu agisse puissamment dessus, on le poudre pourtant, en bien des rencontres, de sable, de terre fine, & cela pour défendre sa surface contre l'action immediate du feu.

Quoiqu'il en soit de ce raisonnement, il me détermina à mêler de la poudre de charbon, tres-fine, avec de la craye, ou de la poudre d'os calcinés. Mes expériences sur la conversion du fer en acier, m'avoient assés appris, que quelque durée de feu que la poudre de charbon soutienne, qu'elle ne se consume point, pourvû qu'elle n'ait point d'air, qu'ainsi elle seroit toujours en état d'operer sur le fer fondu, l'effet que je m'en promettois. Je la mêlai donc en différentes proportions,

rions , avec des poudres d'os , ou de craye , afin de découvrir le mélange le plus convenable. Le succès de ces expériences fut aussi heureux que je le pouvois souhaiter ; avec cet expédient je parvins à adoucir le fer fondu , & à le tenir au feu aussi long-temps , qu'il étoit nécessaire , sans qu'il s'en détachât d'écaillés.

Quelque sûr , quelque efficace que j'eusse trouvé l'effet du mélange rapporté ci-dessus , quoiqu'il m'eût paru adoucir parfaitement la fonte , & en même temps l'empêcher de s'écailler , j'ai pourtant voulu essayer s'il n'y auroit point d'autres compositions dont l'effet fût plus prompt ou plus considérable ; je ne me suis fait grace sur aucunes des expériences , que j'ai crû devoir être tentées ; je ne rapporterai pourtant ici que les principales , que celles dont il semble qu'on devroit le plus se promettre.

J'ai essayé l'effet de différents sels , & surtout des sels alcalis , comme de la soude , de la Potasse , &c. J'ai aussi essayé le sel marin ; j'ai entouré de ces différents sels des morceaux de fonte , les sels remplissoient tout le vuide du creuset ; seuls , ils n'ont point produit de grand adoucissement , & ont mis le fer fondu en état de s'écailler. D'ailleurs les frais du travail augmenteroient considérablement s'il falloit uniquement employer un sel , quel qu'il fût.

Mais j'ai crû devoir tenter s'il n'y en avoit point quelqu'un qui rendît notre composition plus ac-

rive. Au mélange des deux parties d'os, ou de craye, & d'une partie de charbon, j'ai ajouté les sels suivants, de chacun une partie dans chaque essay; c'est-à-dire, que j'ai pris par exemple deux parties d'os, une partie de charbon, & une partie de sel marin; dans un autre essay, j'ai mis du sel de verre, dans un autre du vitriol, dans un autre de l'alun, dans un autre de la potasse, dans un autre de la soude, dans un autre de la cendre gravelée, dans un autre du salpêtre concentré par le tartre; j'ai employé aussi le tartre. Aucun des sels précédents, ne m'a paru faire de mauvais effets, mais s'ils ont contribué à accélérer l'adouccissement de la fonte, ç'a été peu sensiblement: les fontes cependant qui étoient entourées de compositions, où des sels alcalis étoient entrés, ont été un peu plus adoucies, & plus promptement que les autres; & celles où étoient les cendres gravelées, m'ont paru l'emporter sur les autres; on pourra, je crois, les ajouter avec succès à la composition, quand on voudra abréger la durée du feu; mais on peut s'en passer à merveille.

J'ai aussi éprouvé ce que produiroient l'antimoine, le vert de gris, & le sublimé corrosif; j'ai même employé d'autant plus volontiers cette dernière matière que j'avois ouï dire qu'on s'en étoit servi avec succès pour l'adouccissement des fers fondus. Mais elle a plutôt retardé, qu'avancé l'effet des matières avec lesquelles elle étoit mêlée. Pour l'antimoine il a gâté le grain de la fonte, &

l'a empêché de s'adoucir. Il a fait plus; l'effet d'une fournée entière, où étoient quantité d'ouvrages de fer fondu, fut arrêté par un peu d'antimoine que j'avois fait entrer dans la composition qui entouroit le fer que j'avois mis dans un petit creuset. Ce petit creuset étoit, comme tous les grands ouvrages de fer, placé dans le grand creuset. Quoique j'eusse eu soin de luter ce petit creuset, presque tous les ouvrages qui l'environnoient restèrent durs, quelques-uns même s'écaillèrent assés considérablement. Le vert de gris n'a point fait de mal, & peut-être a-t'il fait quelque bien.

Au charbon de bois j'ai substitué en même poids le charbon de savate réduit en poudre; on s'en sert avec succès pour les recuits du fer, & surtout pour les trempes en paquet, mais je n'ai pas reconnu que cette poudre eût ici aucun avantage sur celle du charbon ordinaire.

Il n'y avoit pas lieu de se promettre que des matieres huileuses fussent propres à avancer l'opération; mais comme il faut être extrêmement en garde contre les raisonnemens, même les plus vrais-semblables, & qu'il est toujours bon de les confirmer par de nouvelles preuves, j'ai abreuvé des matieres terreuses de suif fondu, elles en ont moins produit d'effet que lorsqu'elles ont été seules.

Pour m'assurer si nos poudres, soit d'os calcinés, soit de craye, méritoient d'être préférées à d'autres matieres insipides ou alcalines, j'ai mis en

pareil poids, que dans mes autres essais, de la chaux vive, de la chaux éteinte, des terres à Potier réduites en poudre fine, du verre pilé. La chaux a adouci la fonte, mais elle ne lui a pas donné tant de corps que nos deux autres matières. La terre à Potier, la glaise, l'adoucit assés bien, mais elle la fait plus écailler. Le gyps, ou plâtre transparent, est de toutes les matières celle qui est le plus à craindre pour produire des écailles.

De sorte qu'après avoir examiné les différentes matières que j'ai pû soupçonner propres à être employées pour nôtre operation, je n'ai rien trouvé de mieux que les os calcinés & la craye.

Nôtre nouvel art sembloit fait pour fournir des preuves de la difference qu'il y a entre le travail en petit, & le travail en grand; nous en avons déjà rapporté un exemple, lorsque nous avons parlé de l'accident auquel nous avons imaginé de remédier par la poudre de charbon, un autre événement nous en a donné une nouvelle preuve plus singuliere. Il n'est que trop ordinaire à ceux qui semblent reveler des secrets au public de se réserver ce qu'il y a de plus important; on donne en avaré, on veut paroître donner, pour faire voir qu'on a, mais on garde les coups de Maîtres, certains tours de main, certaines observations essentielles; l'observation dont nous voulons parler, cachée, ce qui peut assûter le succès de nôtre art, le feroit. Dans nos essais en petit, la craye reduite en poudre, & la chaux d'os ont été de pair; nous

n'avons pû découvrir aucune difference dans leurs effets : dans les premiers essais que je fis en grand, je me servis de chaux d'os, ils réussirent à souhait ; aiant dans la suite à faire un autre essay en grand, & ne me trouvant pas ma provision de chaux d'os, j'emploiai la craye sans hésiter. Cette épreuve me fit reconnoître que les os ont sur la craye des avantages si considerables, qu'il est surprenant qu'ils m'eussent échappés dans les épreuves en petit ; dans une durée, du même degré de feu, près d'une fois plus longue, la craye produit à peine autant d'effet que les os. Quelque considerable que soit cet avantage, les os en ont encore un plus important, ils ne manquent jamais d'adoucir le fer fondu, & il y a une circonstance, difficile à éviter, où la craye n'opere aucun adoucissement, ou même, ce qui est plus surprenant, elle rend au fer la dureté qu'elle lui avoit ôtée. C'est quand le feu agit trop fortement, s'il est poussé jusqu'à un degré que nous déterminerons dans la suite, quoiqu'on ne retire les ouvrages de fer fondu du fourneau, qu'après qu'ils y ont resté par-delà même le temps necessaire, on les trouve aussi durs, que quand on les y a mis ; j'ai vû plus, des pieces que j'y avois mis déjà adoucies, je les ai vû en sortir très dures. Or il n'est guere possible que dans un fourneau tout chauffe également ; souvent même une piece un peu grande ne prend pas par-tout un égal degré de chaleur, si quelques-unes des pieces, ou quelques endroits des pieces,

ont été chauffées par-delà le degré convenable, elles restent dures en entier ou par parties: ce qui étoit ramolli redevient même dur. C'est apparemment quelque matiere pareille à la craye, qui rendoit si incertain le succès des adoucissements qu'on a tenté de faire à Cosne, & dans le Faux-bourg Saint Marceau; ç'a été apparemment un des inconvenients, qui joint à celui des écailles qui survenoient en diverses circonstances, à renversé ces établissemens, & qui a engagé à une infinité de faux frais. Pour les os calcinés ils adoucissent sûrement & inmanquablement, & ils adoucissent d'autant plus vite, qu'on a fait prendre un degré de chaleur plus considerable aux fers fondus qu'ils environnent.

La craye ne réussit donc bien, que quand on l'employe pour adoucir des pieces minces, ou que quand on donne un feu très-doux aux grosses pieces, qu'on ne leur fait prendre qu'une couleur de cerise; d'où il suit qu'outre que cette matiere ne peut procurer au fer d'adoucissement que dans un temps beaucoup plus long que celui que les os demandent, qu'il est toujours dangereux de s'en servir, puisqu'après avoir produit un bon effet, elle peut elle-même totalement le détruire. Mais pourquoi cette craye, qui adoucit en petit, à feu moderé, n'adoucit-elle pas, & rendurcit-elle même, lorsque la chaleur est plus violente? & pourquoi la même chose n'arrive-t-elle pas à la chaux d'os? Ce phenomène est assés singulier

pour mériter que nous en cherchions le dénouement, nos principes doivent encore nous le donner. Ils ont appris que le fer fondu s'adoucit à mesure qu'il est dépouillé de ses parties sulfureuses & salines; pour qu'il s'adoucisse de plus en plus, il faut qu'il en sorte de nouveaux soufres, & de nouveaux sels, & que les soufres & les sels que le feu en a chassés n'y rentrent plus; que d'autres matières se chargent de ces soufres & de ces sels, qu'elles ne les laissent plus échapper; c'est ce que la poudre d'os calcinés fait toujours. La plupart des sels propres aux os sont volatiles, ils leur ont été enlevés pendant la calcination; leurs soufres ont été brûlés: cette chaux se saisit de tout ce qui s'échappe du fer, & a des places pour le loger. La craye est bien une matière absorbante, mais elle n'est pas si dénuée de soufres & de sels, ses soufres & ses sels sont fixes, étant fixes ils y restent tant qu'elle n'est échauffée que jusqu'à un certain point; elle s'empare même alors de ceux qui sont ôtés au fer: pendant tout ce temps, pendant la durée de ce degré de feu, elle contribue à l'adoucissement de la fonte, mais s'échauffe-t-elle davantage, alors la chaleur a assez de force pour emporter ses sels & ses soufres, malgré leur fixité; alors la craye ne prend plus ceux du fer, elle peut même lui en fournir davantage à chaque instant que le feu ne lui en ôte; alors elle ne l'adoucit donc plus, elle peut même contribuer à l'endurcir; & c'est ce qui arrive réellement toutes

les fois, où de la fonte adoucie, ou commencée à adoucir, par le moyen de la craye, se trouve ensuite rendurcie par le moyen de cette même craye : les acides, les sels de la craye sont probablement vitrioliques, & par là très-difficiles à enlever, ils ne partent qu'à une très-grande chaleur. Nos expériences sur la conversion du fer en acier * nous ont fait voir, à la vérité, que les sels ne s'introduisent guere dans le fer qu'à l'aide des matieres huileuses ou sulfureuses, qu'ils ont besoin de ce vehicule, la craye ne peut peut-être pas fournir assés de ces parties ; mais celles mêmes qui s'échappent du fer fondu y peuvent rentrer, après s'être emparées des sels de la craye ; rien n'empêche cette sorte de circulation, le fer fondu a bien une autre quantité de matiere sulfureuse que le fer forgé.

* Mem. 1er.

L'effet de toute craye peut pourtant n'être pas également à craindre, il peut y en avoir de moins chargées de sels, & d'autres dont les sels seront plus fixes, & qui par consequent n'en pourront être détachés que par un feu plus violent ; mais je n'en ai point rencontré, parmi celles que j'ai ensuite essayées en petit, qui n'aient rendurci le fer déjà devenu doux, quand ce fer a été assés échauffé pour devenir presque fondant.

Puisque la craye, qui de toutes les matieres terreuses que nous avons essayées pour nos adoucissements, est la meilleure, est sujette à tant d'inconvenients, que différentes sortes de chaux ont encore bien moins réussi ; la chaux d'os paroît la véritable

veritable matiere, à qui on doit avoir recours, & c'est faute d'avoir pensé à en faire usage, qu'on n'a pas réussi à adoucir sûrement le fer fondu.

Après tout dès qu'il s'agissoit de se servir des matieres les plus denuées de sels, dès qu'on se conduisoit par ce principe, la chaux d'os étoit, de toutes les matieres que nous connoissons, celle qui promettoit le plus; les sels des os, comme ceux de toutes les matieres animales sont volatils; ils peuvent leur être enlevés par la calcination; après la calcination on ne leur trouve point, ou presque point, de sels fixes, comme on en trouve aux différentes especes de cendres. Ils n'ont point de sels de la nature de ceux des mineraux, comme en ont toutes les différentes terres. Veut-on faire des coupelles, qui de toutes les especes de creusets, sont celles qui demandent à être composées de terres plus insipides, plus privées de sels, c'est la chaux d'os qu'on employe.

Quoiqu'elle soit la matiere qui doit être prise par préférence à toutes celles que nous avons éprouvées pour nos adoucissements, nous avons vu qu'il falloit songer à moderer l'effet qu'elle produit, en la mêlant avec la poudre de charbon; mais comme cette derniere poudre retarde peut-être l'adoucissement, ou au moins ne l'avance pas autant que le font les os, j'ai cherché, & j'en ai déjà averti ci-devant, en quelle proportion il falloit faire ce mélange. Tantôt je n'en ai mis qu'une sixieme partie, tantôt qu'une quatrieme, tantôt

qu'une troisieme; si le feu ne doit pas être long, ces doses peuvent suffire: ou pour regle encore plus generale, mieux les creusets seront clos, & moins il sera nécessaire d'employer de poudre de charbon; mais le plus sûr est d'en mettre une partie contre deux parties de l'autre matiere; après tout un peu plus de charbon n'est pas capable de retarder l'operation. Si la poudre de charbon ne contribuë pas beaucoup d'elle-même à adouccir la fonte, au moins est-il sûr qu'elle ne la rend pas plus dure: après un assés long feu, j'ai tiré de la fonte d'un creuset, où je l'avois uniquement entourée de cette poudre, elle m'a paru y avoir été un peu adoucie; le charbon de savate seul a aussi produit le même effet; après un assés long feu, il a operé un léger adoucissement.

D'ailleurs il m'a semblé que la poudre de charbon contribuoit à faire prendre plus de corps au fer fondu; peut-être qu'elle empêche l'adoucissement de se faire d'une maniere trop précipitée, & cette derniere consideration seule engageroit à donner la dose de charbon un peu plus forte.

Quelque peu d'adoucissement que la poudre de charbon procure seule au fer fondu, cet adoucissement peut paroître singulier, si on se souvient que nous avons vû ailleurs que cette poudre peut seule convertir le fer en acier, lui donner assés de soufres & de sels pour changer sa nature. Comment se peut-il donc faire qu'elle n'augmente pas la dureté de la fonte, qu'elle lui ôte plutôt des

soufres, que de lui en donner ! l'explication de cette difficulté revient encore à l'explication que nous avons donnée de la différente façon dont la craye agit à differents degres de feu ; je pense que les soufres du fer tiennent bien plus que les soufres de l'acier, & encore plus que ceux de la fonte, il en a moins, & en est pénétré plus intimement ; les soufres du charbon s'échappent plus aisément que ceux du fer, le fer les boit s'il est entouré de ce charbon ; au contraire la fonte qui est surchargée de soufres, qui est en quelque sorte une espece de Pyrites, mais plus métallique que l'ordinaire, laisse plutost échapper ses soufres, ou en plus grande quantité, que le charbon ne laisse échapper les siens.

Il résulte de ces experiences que pour bien adoucir le fer fondu, ce qu'il y a de mieux, c'est de s'en tenir aux os calcinés & au charbon, & on ne craindra pas que le prix de ces matieres fasse monter trop haut celui des ouvrages, il ne seroit guere aisé d'en trouver qui fussent à meilleur marché. Qu'on ne se fasse pas un embarras de la quantité d'os nécessaires, les voiries des villes en fourniront de reste : que voudroit-on de plus commode que de n'avoir que la peine de ramasser des matieres qui ne coûtent rien. D'ailleurs il me semble qu'on doit voir avec une sorte de plaisir que des matieres, ci-devant inutiles pour nous, ont de grands usages. Si on veut s'épargner la peine de rassembler les os dont on aura besoin, ceux qui

n'ont d'autre occupation que de ramasser les chiffons pour les papeteries , ajouteront cela à leur emploi ; ils trouveront même dans les rues plus d'os que de chiffons. Les boucheries fourniront encore des os abondamment.

La quantité d'os dont on aura besoin , ne sera pas même aussi considérable qu'on le croiroit ; une provision suffisante pour remplir ses creusets ou fourneaux étant une fois faite , il n'en faudra presque ramasser que pour remplacer ce qui se perdra de cette matiere , comme il s'en perd de toutes celles qu'on manie & remanie ; elle ne diminuera pas sensiblement au feu. J'ai employé la même matiere plusieurs fois sans avoir apperçu de difference sensible dans son effet : peut-être pourtant qu'à force de servir , elle se chargeroit de trop de sels ; en la calcinant de nouveau & la lessivant ensuite , on la dépouilleroit encore tant de ceux qui peuvent lui être venus du fer , que des sels alcalis du charbon qui aura été réduit en cendre. Une partie du charbon se brûle dans chaque operation , mais on la remplacera en y en ajoutant un peu de nouveau à discretion ; nous avons vû par les expériences sur les sels , que les sels alcalis qu'il y laissera ne seront pas à craindre. Mais après tout si on a fait entrer dans la composition une partie de charbon contre deux parties d'os , on peut hardiment s'en servir trois à quatre fois , sans y ajouter de nouveau charbon.

Pour composer les coupelles , on cherche certaines especes d'os , comme les os de pieds de mou-

rons, ceux de têtes de veaux. Je crois bien qu'il y a des os qui peuvent valoir mieux les uns que les autres, mais j'ai fait usage indifféremment de tous ceux qu'on m'a ramassés, sans m'embarasser de quels animaux, & de quelles parties d'animaux ils venoient, je les ai tous trouvés très-bons. Quand il est question du travail en grand, on doit souvent préférer ce qui est le plus commode, à ce qui seroit le meilleur. Notre art ne pourroit pourtant qu'y gagner, si on faisoit des expériences sur les especes d'os qui agissent le plus efficacement, peut-être en trouveroit-on de ceux-là d'aisés à recouvrer; & si les meilleurs étoient d'especes rares, on les conserveroit pour les ouvrages qui meritent le plus d'attention; mais ce sont des expériences qui eussent été longues & difficiles à suivre, & qu'on fera nécessairement à mesure que l'usage d'adoucir le fer fondu s'étendra.

Nous n'avons encore rien dit de la façon dont il faut calciner les os, aussi y a-t-il bien peu à en dire, car tout se réduit à les faire brûler jusqu'à ce qu'ils deviennent aisément friables, & très-blancs. On peut en remplir tout four ou fourneau, où on fera du feu jusqu'à ce qu'ils soient suffisamment calcinés, ce qui n'est pas long, & qui le fera pourtant proportionnellement à la quantité d'os qu'on calcinera à la fois; mais on ne craindra pas de les brûler trop. J'ai crû avoir observé que la poudre d'os, dont je me suis servi pour adoucir le fer, avoit plus opéré à une seconde

fournée , qu'à la premiere , & cela probablement , parce que la calcination de ces os avoit encore été continuée pendant toute la durée de la premiere fournee. Mais on doit être averti qu'on ne sçau- roit faire brûler ces os , sans qu'il se répande une odeur defagreable.

Les os étant bien calcinés on les pulverifera ; la poudre dans laquelle on les reduira , ne sçau- roit être trop fine , mais il n'est pas neceffaire qu'elle le soit extremement , j'en ai souvent employé d'aussi grosse que du sable , elle fait plus d'effet quand elle est plus fine. Lorsqu'elle est grosse , il arrive quelquefois que de petits endroits de l'ou- vrage de fer , proportionnés à la grosseur des plus gros grains d'os , s'écaillent , l'ouvrage est quel- quefois partout piqué de pareils grains. Alors le mélange de la poudre d'os & de la poudre de charbon n'a pas été si bien fait.

A l'égard de la quantité de poudre d'os qu'on doit employer à la fois , elle est très arbitraire ; il n'en est point , comme de nos compositions à acier , le plus ici ne sçauroit rien gêner. Mais il y en a asés quand il y en a ce qu'il faut pour empêcher les ouvrages du même creuset de se toucher , & les tenir un peu separés les uns des autres.

Outre les differentes matieres , dont j'ai dit ci- devant que j'avois fait des épreuves , j'ai crû en devoir essayer quelques-unes , qui venant des ani- maux , ont quelque analogie avec les os. Les co- quilles sont , pour ainsi dire , les os de divers

animaux aquatiques, & terrestres; j'ai fait calciner des coquilles d'huîtres, des coquilles de moules de riviere, des coquilles de limaçons de jardin; & de chacune de ces différentes chaux, j'ai entouré le fer de différents creusets. Dès que la chaux ordinaire est capable de procurer quelque adoucissement, il étoit sans difficulté que le fer s'adouciroit dans ces dernières: il s'y est aussi adouci.

Une autre espece d'os de poisson que j'ai crû encore devoir éprouver, sont les os de seche, ils sont très connus des Orfèvres, des Metteurs en œuvre, des Diamantaires, tous ces Ouvriers s'en servent pour mouler de petits ouvrages. Ces os calcinés ont encore adouci le fer. Mais le fer s'écaille avec toutes ces différentes chaux, comme avec celle des veritables os, si on ne modere leur effet par une addition de charbon. La plûpart de ces matieres seroient aisées à recouvrer au bord de la Mer, on y en pourroit faire, à bon marché, de grands amas. Mais valent-elles mieux que la chaux d'os ordinaires, valent-elles même autant? Après ce qui m'est arrivé sur l'effet de la craye, il ne seroit pas sage de décider, avant d'avoir fait des experiences en grand; & je ne croy pas qu'on exigeât de moi que j'eusse cherché à faire en grand toutes ces experiences; il n'y a que dans des Manufactures où l'on travaille regulierement que des épreuves de cette sorte se feront sans trop de frais.

Comme j'ai voulu au moins essayer en petit toutes les matieres que j'ai pû penser être conve-

nables, j'ai aussi essayé des coques d'œufs, après les avoir fait calciner; elles ont réussi à peu près comme les matières précédentes, mais il ne seroit pas aussi aisé de s'en fournir.

J'ai encore fait une épreuve par laquelle je finirai ce mémoire. Je me suis servi du fer même, pour adoucir le fer fondu. On se souviendra que quand j'ai parlé de notre fourneau propre à convertir le fer en acier, que j'ai composé les creusets, les capacités qui renferment le fer, de plaques; que j'ai dit, que pour résister à un feu violent, ces plaques devoient être de terre, mais qu'elles pouvoient être de fer fondu quand on ne vouloit donner qu'un feu plus modéré. En bien des circonstances je n'ai mis à mon fourneau que des plaques de fer fondu; après qu'elles ont eu soutenu le feu pendant un ou plusieurs jours, & que ce feu a été entièrement éteint, la surface de chaque plaque sur laquelle le feu avoit agi, s'est trouvée recouverte d'une couche assez épaisse d'une poudre d'un très beau rouge, & quelquefois d'un rouge tirant sur le violet. Cette couche étoit faite des parties du fer, qui avoient été brûlées; en un mot les Chymistes savent que cette poudre étoit ce qu'ils ont nommé du safran de Mars, & un safran de Mars fait sans aucune addition. J'ai fait balayer les plaques, j'en ai fait détacher & ramasser toute cette poudre: ce que nous venons d'en dire, & la place où elle se trouve, montre assez qu'elle n'est qu'un fer brûlé, qui a été dépouillé de sa partie

partie huileuse. Comme cette poudre est bien éloignée d'avoir la quantité de parties huileuses & salines dont elle se peut charger, j'ai pensé qu'elle seroit tres propre à adoucir le fer fondu qui en seroit enveloppé. J'ai donc entouré du fer fondu de cette poudre: elle l'a adouci parfaitement, & il m'a paru qu'elle l'a adouci bien plus promptement, que ne l'ont fait toutes les autres matieres. Pour tâcher de m'assurer de cette circonstance, dans le fond d'un creuset cylindrique j'ai mis de cette poudre, de ce safran de Mars, toute pure: dans le même creuset j'ai mis un second lit composé de ce safran mêlé avec des os; & plus haut j'ai mis des os seuls. Ce creuset ayant été tenu au feu pendant quelque temps; quand il en a été retiré, j'ai trouvé que le fer fondu, de ce creuset, le mieux adouci, étoit celui qui s'étoit trouvé au milieu du safran de Mars seul. Le mélange de cette poudre & des os avoit fait moins d'effet, mais plus que les os seuls.

On pourroit ramasser quantité de cette poudre dans des Manufactures, où on ne se serviroit que de plaques de fer. On en pourroit même faire à bon marché. Cette poudre occupe bien un autre volume que le fer; mais après tout, il n'y a guere d'apparence qu'elle puisse convenir pour le travail en grand, ce seroit beaucoup qu'on s'en servît pour l'adoucissement de quelques petits ouvrages. Mais il ne faudra pas donner le feu violent au creuset, où elle sera renfermée, autrement

elle deviendra une masse compacte, qui se trouvera attachée sur le fer fondu; quelques coups pour-
tant la détacheront, mais ce sera avec risque d'em-
porter quelque petite partie de l'ouvrage. Si le feu
a été violent dans le fourneau, on ne trouvera plus
cette poudre sur la surface des plaques; les grains
se réuniront, & formeront des écailles spongieu-
ses; & en si grande quantité, qu'on sera étonné
de voir que l'épaisseur du fer ne soit pas diminuée
bien sensiblement; dans des endroits d'où les écai-
les sont tombées, car ces écailles mises les unes
sur les autres auroient plus que l'épaisseur de la
plaque. Mais c'est qu'elles sont d'une tiffure tres
spongieuse; & beaucoup plus même qu'elle ne le
paroît.



QUATRIEME MEMOIRE,

*Des fourneaux propres à adoucir les ouvrages
de fer fondu.*

PUisque nos ouvrages de fer fondu demandent, pour être adoucis, d'être environnés de poudres fines, il s'ensuit qu'ils doivent être renfermés dans des creusets, comme nous l'avons toujours supposé jusques ici. Mais de cela seul il ne s'ensuivroit pas que les creusets dussent être aussi bien lutés que ceux où nous avons mis des barres pour être converties en acier. Pour faire de l'acier, il faut contraindre des souffres & des sels à pénétrer le fer, pour adoucir le fer fondu, il faut au contraire lui enlever ce qu'il a de trop des uns & des autres. Dans ce dernier cas, il semble donc que l'évaporation ne soit pas à craindre, elle est même à souhaiter; cependant les creusets, ou capacités équivalentes dans lesquelles on arrange le fer fondu, doivent être lutées, comme lorsqu'il s'agit de faire l'acier, & cela par d'autres considérations. Le mélange de poudre de charbon avec celle d'os, a été trouvé nécessaire; si le creuset avoit air le charbon se brûleroit. D'ailleurs c'est une règle générale que tout fer qui chauffe pen-

dant longtemps dans un endroit où l'air a quelque entrée libre, est sujet à s'écailler.

J'ai pourtant voulu voir si l'adoucissement ne se feroit pas plus vite, lorsque les souffres & les sels auroient la liberté de se sublimer. J'ai pris un creuset long & étroit; je l'ai rempli de couches d'os, & de couches de fer fondu jusques environ à la moitié de sa hauteur. Là j'ai mis une cloison de terre, qui empêchoit la communication de cette partie avec la partie restante. J'ai rempli celle-là, comme l'autre, de lits d'os & de lits de fer fondu; & j'ai laissé le creuset ouvert, afin que les souffres & les sels des matieres de la moitié supérieure du creuset eussent la liberté de s'évaporer. Après la durée de feu, que j'ai crû nécessaire, j'ai comparé les morceaux de fonte qui étoient au bas, avec ceux qui étoient au haut. Je n'ai pas trouvé de difference assez considerable, pour faire regretter de ce que la poudre de charbon empêcheroit qu'on ne laissât les creusets ouverts.

Les mêmes raisons qui nous ont conduit à donner au nouveau fourneau à acier la figure que nous avons expliquée *, subsistent pour l'adoucissement du fer fondu. On ne doit pas moins songer à mettre la chaleur à profit; à diminuer la consommation de la matiere combustible; dans l'une que dans l'autre operation; il y faut également chauffer du métal dans des creusets bien clos à la flamme. Mais ce qui est surtout aussi nécessaire pour adoucir le fer fondu que pour con-

* Mem. 4.
p. 81. & suivantes.

vertir le fer en acier, c'est d'avoir la facilité d'apprendre ce qui se passe dans les creusets, de savoir où en sont les ouvrages, qu'on y a placés à différentes hauteurs ; & c'est à quoi servent nos especes de fenestres, nos grands trous, qui du dedans du creuset vont jusqu'au dehors, & qui reçoivent des bouchons qu'on ôte & remet à son gré. Pour plus de facilité à retirer les épreuves, par ces trous, on peut retrancher une partie de l'épaisseur extérieure du fourneau à la hauteur où ces trous sont percés, faire une retraite au mur du fourneau, de la profondeur dont on la voudra.

Pour adoucir le fer fondu, nous nous servirons donc des mêmes fourneaux dont nous nous sommes servis pour convertir le fer en acier. Quoiqu'un très long Memoire ait expliqué leur construction, nous en avons réservé, à dessein, quelques particularités pour ce Memoire ici, qui servira de supplément à l'autre : ce que nous avons réservé regarde pourtant plus le fer fondu que l'acier. Par rapport à l'acier nous avons paru pencher pour les fourneaux où la chaleur est excitée par le vent des soufflets, nous aimerions mieux n'employer ici que ceux où l'air entre librement. Ce n'est pas que les soufflets ne fissent bien, mais si on veut s'en servir, il faut être attentif à moderer leur vent, la chaleur ne doit pas être aussi considérable dans cette dernière operation que dans la précédente; les barres de fer en soutien-

nent un degré, qui feroit fondre encore une fois nos ouvrages de fer fondu. Après tout les trous par lesquels nous pouvons avoir vuë dans les creusets, permettent de connoître où en est la chaleur, de juger s'il est à propos de la diminuer.

Nous avons proposé, pour convertir le fer en acier, de construire des fourneaux que l'on pût charger par le côté, & nous l'avons fait exécuter pour adoucir les ouvrages de fer fondu *, & cela afin que dans la seconde fournée on puisse profiter de la chaleur que le fourneau a acquise dans la première. Une autre raison encore nous a déterminé à avoir recours ici à cette disposition; nous dirons dans un moment qu'on doit élever les fourneaux à recevoir le fer fondu d'un tiers, ou même de la moitié plus que les fourneaux à acier, & alors l'incommodité de les charger par-dessus augmenteroit beaucoup.

Nous supposons toujours qu'on se souvient de ce que nous avons appelé creusets dans nos fourneaux, & de la manière dont ils sont distribués; pour charger par le côté, tout se réduit à laisser chaque creuset ouvert d'un côté, depuis son fond, ou à peu près, jusques en haut. Si le fourneau a trois creusets, cette grande ouverture du creuset du milieu sera sur une face du fourneau *, & celles des deux autres creusets, des creusets des bouts, seront sur la face opposée *.

A mesure qu'on chargera un creuset, on bouchera une partie de son ouverture. Pour cela on

* Pl. 15. fig.
2. & 3.

* Fig. 2. C.
D, E.

* Fig. 3. L, H,
L, M.

aura cinq à six pieces de terre cuite *, de terre * Fig. 5, & à creuset, propres à s'ajuster les unes sur les autres, 6. & dans l'ouverture qu'on a laissée au creuset. Ces pieces feront ensemble une espece de petit mur de rapport *, qu'il sera aisé d'élever, & d'abattre * Fig. 4 dans un instant. Chacune de ces pieces sera traversée par deux barres de fer qui sortiront en dehors de la piece, & y formeront une tête *; ce * Fig. 5. P, P. seront deux poignées qui donneront la facilité de retirer la piece à qui elles tiennent. Chacune de ces pieces aura une ouverture quarrée, qui recevra un bouchon de même figure *; c'est * Fig. 6. Q. par ces trous qu'on verra ce qui se passera à différentes hauteurs du fourneau, & par où on en pourra retirer des épreuves.

Quand nous avons donné la premiere idée de cette disposition *, nous n'avons pas manqué d'a * Mem. 4. vertir, que comme elle affoiblit le corps du fourneau, qu'on doit songer à le mieux fortifier par des liens, pour l'empêcher de s'entr'ouvrir: outre les liens posés horizontalement, on posera d'autres barres de fer verticalement, dont les bouts seront recourbés, & entreront dans la maçonnerie *. Les liens horizontaux seront arrêtés sur les * Fig. 2. K, K. barres verticales, soit avec des rivets, soit avec des vis & des écrouës.

Mais sur tout il faut qu'une barre verticale soit placée presqu'à fleur de chaque côté de l'ouverture extérieure du creuset, & que les liens horizontaux * soient bien assemblés avec ces dernières * Fig. 2. I H. H I

barres; voici ce qui y oblige. Pour avoir plus de commodité à charger, les liens horisontaux seront brisés vis à vis chacune des ouvertures; il seroit incommodé de trouver devant soy, quand on charge, la partie des liens qui passe sur cette ouverture; il faut que cette partie puisse s'ôter, & se remettre. De cent manières, dont cela peut s'exécuter, il suffit d'en rapporter une; près des ouvertures des creusets, chaque lien se terminera par une tête plus grosse que le reste, & percée en esèce d'anneau*; dans chacun des anneaux qui sont à même hauteur, & placés de part & d'autre du bord de l'ouverture d'un creuset, entrera le bout recoudé d'une verge ou barre de fer. Cette piece mise en place rend le lien complet; ses deux bouts seront percés par des trous qui recevront des claveres, qui les arrêteront en place, & qui même contribuëront à les mieux ferrer*. Ces pieces pourront s'ôter & se remettre à volonté; quand elles seront en place, le fourneau se trouvera aussi bien ferré, que si tous les liens étoient d'une piece. Ces parties de rapport peuvent être assemblées avec des vis, & comme nous l'avons dit, de bien d'autres manieres.

Si l'air qui entre dans le fourneau n'y est pas poussé par des soufflets, on multipliera les ouvertures du cendrier; on y en laissera quatre, une au milieu de chaque face; on aura des portes en bouchons pour chacune de ces ouvertures, & ces portes en bouchons tiendront lieu de registres; selon

* Fig. 2. H.
H.

* Fig. 7.

* Fig. 1, 2.
3. A.

selon qu'ils seront en place, ou qu'ils en seront ôtés, il entrera moins d'air, ou plus d'air dans le fourneau.

On obligera même l'air d'entrer avec plus de vitesse, & en plus grande quantité dans le fourneau, on lui fera produire un effet approchant de celui que lui font produire les soufflets, mais moins dangereux, en menageant des conduits pour l'amener de loin. On connoît les especes de soufflets qu'on pratique dans quelques cheminées, & qui sont expliqués dans la Mécanique du feu de l'ingenieur M. Gauger; dans ces sortes de cheminées, pour souffler le feu, on n'a qu'à lever une petite soupape qui est au niveau de l'âtre; aussitôt que le trou est ouvert, le vent en sort avec plus de vitesse qu'il ne sortiroit d'un soufflet qui donneroit beaucoup de peine à agiter. Toute la mécanique de ce soufflet simple depend de la communication qu'on a menagée à ce trou avec l'air extérieur: pour pratiquer quelque chose d'équivalent dans notre fourneau, on établira le fond de son cendrier au-dessous du niveau du terrain qui environne le fourneau. Et à commencer à chacune des ouvertures qui donnent entrée à l'air, on creusera dans la terre une tranchée*, qui formera une espece d'entonnoir, qui depuis le four-

* Pl. 15. fig.
1. A, A, A,
A.

tuyaux de conduite d'air seront poussés loin, & plus leurs embouchures seront évasées, & plus il y aura d'air introduit dans le fourneau.

On n'aura pourtant rien à craindre de son activité, qu'on modérera à son gré; on diminuëra à son gré la quantité d'air qui tendra à passer par chaque tuyau, ou même on l'empêchera totalement de passer par un des tuyaux; & cela en disposant au-dessus de chacun, dans l'endroit qui semblera le plus commode, des especes de portes qu'on pourra tenir enfoncées jusques au fond du tuyau, ou tenir élevées jusqu'à son bord supérieur. La même chose pourra s'exécuter par d'autres dispositions très-arbitraires. Ces tuyaux de conduite d'air seront plus durables, si on les revest intérieurement de pierres, ou de carreaux de terre cuite.

Ce fourneau, qui ne sera chauffé qu'avec du bois, & destiné aux recuits du fer fondu, pourra, & même doit être tenu au moins d'un tiers, ou de la moitié, plus haut que ceux dont nous avons donné les mesures, pour la conversion du fer en acier. La flamme du bois s'élève bien à une autre hauteur que celle du charbon; d'ailleurs la chaleur ici n'étant pas l'effet d'une aussi grande quantité d'air introduite continuellement, les raisons qui vouloient qu'on le tint plus bas, lorsqu'on se servoit de soufflets, ne subsistent plus. Le haut de ce fourneau, quoique plus élevé, aura donc une chaleur suffisante; d'ailleurs il pourra être occupé par les ouvrages les plus minces: or dès qu'on

donne plus de hauteur au corps du fourneau, on trouvera plus commode d'en enterrer le bas en partie, c'est-à-dire de le mettre au-dessous du niveau du terrain; on en fera plus à portée de regarder dedans le fourneau par le dessus; & cette disposition s'accommode à merveille avec celle de nos tuyaux de conduite d'air, qui engagent aussi à le tenir isolé.

Dès qu'on chauffera avec le bois, on pourra hardiment former les creusets avec des plaques de fonte: on se rappelle, ou on se doit rappeler la position de ces plaques, nous supposerons aussi qu'on sçait que nous avons dit dans le 4^e. memoire que plus le fourneau sera large, & plus il faudra les prendre épaisses: cette épaisseur ne doit pourtant guere passer un pouce. A mesure qu'elles serviront elles deviendront de plus minces en plus minces; à la fin de chaque fournée, la face sur laquelle le feu aura agi, sera recouverte d'une couche assez épaisse, d'une poudre rouge, c'est un safran de Mars qu'on fera bien de ramasser; il a les propriétés du safran de Mars ordinaire, & est préparé sans addition de soufres; on s'en servira aux usages, où la medecine l'employe, & à quelques autres dont nous avons déjà parlé. Les plaques deviennent minces par ce qui s'en détache pour fournir à cette poudre, & encore par des écailles qui s'y forment; mais malgré cette poudre & ces écailles elles durent long-temps. Plus elles sont minces, plus elles sont exposées à se

voiler ; afin qu'elles ne se courbent pas au point d'en être trop contrefaites , ce qui changeroit la figure , & les proportions des creusets , & des foyers , on aura soin de les retourner après chaque fournée ; on mettra en dehors du creuset la face qui étoit en dedans ; le feu les redressera , & même il les fera ensuite devenir convexes du costé où elles étoient concaves.

Si on veut les maintenir plus sûrement dans leur figure à peu près plane , sans être dans la nécessité de les retourner si souvent , les précautions suivantes y contribueront : je suppose qu'elles sont de fonte grise , ou noire , qui se laisse percer , comme se laisse percer celle dont on fait les poëles , & en cas qu'elles ne soient pas de fonte de cette qualité , après qu'elles auront servi à deux fournées , on pourra toujours executer ce que nous allons proposer *. Ayant divisé leur hauteur dans le nombre de parties qu'on voudra , trois ou quatre suffiront , on tirera par ces divisions des lignes paralleles , & dans chaque ligne on percera deux ou trois trous , de quelques lignes de diamètre ; dans chacun de ces trous on fera entrer un boulon de fer ; ce boulon aura une tête percée quarrement & propre à recevoir une barre de quarillon , ou d'autre fer plus mince , la tête de chaque boulon sera sur la face de la plaque , qui doit être en dedans du creuset , & leur bout passera tout au travers , jusques à l'autre face , sur laquelle il sera bien rivé : dans toutes les têtes des boulons , pla-

* Pl. 15. fig.



cées sur une même ligne horizontale, on fera entrer une barre de quarillon de longueur presque égale à la largeur de la plaque. Il est déjà visible que ces barres disposées d'espace en espace, maintiendront la plaque. Mais pour assurer encore plus l'effet des barres, afin que quand elles seront arrangées elles ne cedent point à l'effort de la plaque, on hiera en quelque sorte ensemble les barres des deux plaques; le moyen en est simple; je suppose que les barres traversantes sont sur chaque plaque à des hauteurs correspondantes. On aura des morceaux de fenton de fer, ou de fer plus gros, dont les deux bouts seront recourbés, leur longueur entre les deux courbures sera égale à la distance d'une plaque à l'autre; un de ces crochets sera accroché aux deux barres à même hauteur. On sera maître de donner à chaque barre, plus ou moins de ces liens. Un des liens peut être attaché fixement par un bout à une des barres, & entrer par l'autre bout dans un trou percé à l'autre barre. Toutes ces dispositions peuvent se varier selon le genie de l'Ouvrier, on lui laisse à choisir. Il mettra par exemple des clavettes, s'il le juge à propos, pour retenir les bouts des crochets. Les plaques avec cette précaution seront solidement maintenues: l'allongement des barres & des liens ne leur permettra pas de s'étendre au point de les défigurer; & la place que tiendroient ces barres dans le creuset, ne sera pas assés considerable pour meriter attention.

Une plaque seule auroit peine à suffire à toute la hauteur du fourneau, si on le tient aussi haut qu'on le peut, & même qu'on le doit pour profiter de la chaleur. On en disposera deux, ou davantage, les unes sur les autres. Mais alors pour empêcher plus sûrement l'entrée de la flamme, le bord d'une des plaques devrait être moulé en coulisse, qui recevrait le bord de l'autre * ; de la terre pourtant appliquée du côté intérieur du creuset pourra boucher assés bien les jointures pour suppléer à la coulisse.

* Fig. 8. bb.

Ces plaques dureront plus long-temps, si on enduit de lut le côté qui est exposé à la flamme ; à la verité, il aura peine à s'y soutenir, à moins que la plaque ne soit lardée de clouds assés proches les uns des autres qui aideront à maintenir le lut. Si au lieu de plaques de fonte on se servoit de plaques de tole épaisse, il seroit plus aisé de les larder de clouds, elles seroient plus aisées à percer : mais la tole aussi est plus chere que la fonte.

Nous avons fait valoir dans le 4^e. memoire de l'art de convertir le fer en acier, l'avantage des plaques, & sur-tout l'avantage des plaques minces, il est considerable aussi, tant qu'on sera obligé de laisser refroidir le fourneau pour le charger, tant qu'on le chargera par-dessus ; mais si on le charge par le côté, & encore très-chaud comme on le pourra faire aisément, en suivant ce que nous avons expliqué au commencement de ce memoire ;

alors il n'importera plus tant d'avoir des cloisons si minces pour former les creusets, & d'en avoir qu'on puisse ôter de place si aisément; on bâtera des especes de petits murs, épais d'environ un pouce & demi; on les composera, ou de petites briques de pareille épaisseur, ou même d'un seul massif de terre; mais cette terre, & celle des briques sera toujours une terre préparée, comme celle des creusets ordinaires, & de la façon dont nous l'avons expliqué tant de fois. Sans être fort habile à manier la terre, on élèvera ces cloisons, ces especes de petits murs; sur-tout si on a une table de bois passablement unie, de la hauteur & de la largeur de la cloison; on mettra la table de bois debout dans le fourneau, elle conduira pour appliquer la terre uniment, & l'élever bien à plomb; mais les bouts de chacune de ces cloisons seront enclavés dans l'épaisseur du mur, dans des entailles, ou coulisses pareilles à celles qui retiennent les plaques.

Pour rendre ces cloisons plus stables, pour qu'elles soient moins en risque de se voiler, on pratiquera quelque chose de semblable à ce que nous avons proposé pour les plaques de fer; en dedans du creuset on les tiendra plus épaisses qu'ailleurs en un ou deux endroits, depuis le bas jusques en haut; on formera en ces endroits des especes de pilastres. Pour les assûrer encore mieux, on donnera à chaque pilastre deux ou trois parties saillantes; ces parties saillantes seront

chacune percées d'un trou d'outre en outre, dont la direction sera verticale. Les pilastres de chaque cloison ou plaque, étant vis-à-vis de celles de l'autre cloison, & les parties saillantes de l'une à même hauteur que les parties saillantes de celle vis-à-vis de laquelle elle est placée; les plaques serviront mutuellement à se soutenir, si on enclave un des bouts d'une verge de fer dans une des parties saillantes, & l'autre bout dans l'autre.

Une autre maniere de maintenir les plaques encore plus simple, & que j'ai trouvé suffisante, c'est de mettre dans chaque foyer, c'est-à-dire, entre les plaques de deux creusets differents une 3^e. plaque de terre, ou de fonte de fer. La largeur de celle-ci sera perpendiculaire à la largeur des autres *, & égale à l'intervalle qui est entr'elles; ce sera une espece de cloison qui divisera chaque foyer en deux parties égales; on ne la fera pourtant pas descendre jusques au fond du foyer, jusques au bas du fourneau; que son bout inferieur en soit à un pied, ou à neuf à dix pouces, & il en sera assés proche. Pour retenir plus solidement cette plaque en sa place, en formant les autres, on y menagera des coulisses dans les endroits contre lesquels cette troisieme plaque doit être appliquée, on les tiendra plus épaisses dans ces endroits de ce qu'il faut pour fournir aux coulisses. Si on craignoit que la plaque d'un des petits creusets ne fût renfoncée en dedans le creuset par l'effort que la plaque du creuset du milieu pourroit

* Pl. 15. fig.
1, 2, 3, E.



roit faire sur elle, par l'entremise de celle qui les touche l'une & l'autre ; on l'empêcheroit sûrement en plaçant dans chaque creuset des bouts, & d'une manière semblable, une autre petite plaque pareille à celle qui est dans le foyer *.

* Fig. 1. F,

Au reste on proportionnera la grandeur des creusets de chaque fourneau à la quantité & à la grandeur des ouvrages qu'on y veut renfermer ; nous n'avons eu nullement en vûe de gêner aux mesures des desseins. La durée du feu nécessaire deviendra plus grande, à proportion de l'augmentation de la capacité, mais toujours se souviendra-t-on que, pour menager le bois, on ne doit pas élargir beaucoup les foyers, ou cheminées.

G.
Fig. 3. G.

On sçait que pour chauffer il y a grande différence de bois à bois ; mais ici on doit sçavoir encore qu'il y a grande différence, pour nos fourneaux, entre du bois bien sec, & le même bois humide. L'expérience l'a aussi appris à ceux qui conduisent le travail des Verreries, ils placent leur bois dans le même Angard où est le fourneau ; ces Angards sont pour l'ordinaire disposés de façon, que le bois peut être mis immédiatement au-dessus du fourneau ; il y est arrangé en pile sur une espece de plancher à jour. Le degré de chaleur que prend le bois en s'enflammant doit être temperé par les parties d'eau, dont le bois humide est chargé. Si les parties enflammées qui s'élèvent, s'élèvent mêlées avec une plus grande quantité de vapeurs aqueuses, ces dernières peuvent éteindre la

chaleur de quelques-unes des premières, & moderent celle de toutes les autres.

En cas qu'on ait envie de faire en petit des adoucissements d'ouvrages de fer fondu, soit par curiosité, soit autrement, il en fera ici comme de nos essais pour la conversion du fer en acier. On aura recours au feu de la forge, ou à celui de tout petit fourneau, où l'on pourra donner un degré de chaleur considérable au fer, mais sans le faire fondre; il y a telle piece de fer qui sera adoucie de la sorte en deux ou trois heures. On se servira des creusets de la grandeur, & de la forme la plus convenable aux pieces qu'on y voudra renfermer.

La maniere d'arranger les ouvrages de fer fondu dans le fourneau, ne demande aucune explication; nous avons dit ailleurs qu'on ne sçauroit trop mettre de notre mélange d'os, & de charbon pulvérisés, mais qu'il y en a assez, quand il y en a suffisamment pour séparer les pieces. Il seroit aussi inutile d'avertir de placer les pieces les plus épaisses, & celles qui ont besoin d'être le plus adoucies, dans les endroits où la chaleur est la plus vive. Mais nous avertirons de bien ôter tout le sable qui pourroit être resté sur chaque piece, quand on l'a tirée du moule; les endroits où on en aura laissé ne s'adouciront point, ou s'adouciront beaucoup moins que le reste; d'ailleurs si le sable vient à fondre, il formera un enduit qui s'étendra beaucoup par-delà l'endroit où il a été mis; s'il ne rend pas la piece plus dure, il la couvrira d'une matiere qui sera souvent difficile à détacher.

Après avoir bien essayé si une chaleur modérée & plus longue ne produiroit point de meilleurs effets, pour nos adoucissements, qu'une chaleur plus violente, je me suis convaincu que la chaleur ne sçauroit être trop grande, pourvû qu'elle ne le soit pas au point de faire fondre les pièces. Mais on ne peut encore donner de regles generales sur la durée du feu que demandent les ouvrages pour être adoucis: outre qu'elle doit être plus grande, quand les ouvrages sont plus épais, c'est qu'ils ne demandent pas tous à être adoucis au même point. Pour sçavoir si les plus épais le sont au point où on les veut, & pour s'assurer si la chaleur n'est point trop foible, ou si elle n'est point trop violente, lorsqu'on chargera le fourneau, on aura soin de placer, à la hauteur de chacune des ouvertures des morceaux de fer fondu de différentes épaisseurs, du plus blanc, & du plus affiné; qui puissent être retirés aisément; ceux-ci serviront à instruire de l'état des autres. Il n'importe point qu'ils soient façonnés en ouvrages, il importe même qu'ils soient peu contournés, ils en seront plus faciles à ôter de place, sans rien déranger dans l'intérieur du fourneau. De toutes les formes, la plus commode qu'on leur puisse donner, c'est la ronde. Je les fais mouler en petits cylindres, en forme de baguettes*, qui ont * Pl. 16. A, chacune de longueur au moins la moitié de celle B, C. du fourneau; & je fais faire de ces baguettes de différents diamètres; celui de quelques-unes est

Q q q



presqu'égal à l'épaisseur des plus grosses pieces qui doivent être adouccies jusqu'au centre. Les petites apprennent si les pieces minces ne sont pas en danger de fondre; c'est ce qu'on voit surtout sur les barbes qui sont restées à ces baguettes; quand on les a retirées du moule, elles ont tout du long de deux côtés, diamétralement opposés, une petite feuille de métal, qui s'est moulée dans les vuides, que ne manquent guere de laisser les deux parties du moule, quelque exactement qu'on les ait appliquées l'une sur l'autre; il n'y a certainement rien de plus mince dans le fourneau que ces petites barbes, & par consequent rien qui soit plus en risque de fondre.



Explication de la quinziesme planche.

E LLE represente un fourneau propre à adoucir les ouvrages de fer fondu, dont les creusets se chargent par les côtés. Ce même fourneau peut aussi être employé à convertir le fer en acier. Il doit être isolé de façon qu'on puisse tourner librement tout autour.

La fig. 1. est le plan de ce fourneau.

A, A, A, A. Les quatre conduits par où l'air entre dans le fourneau. On les prolongera autant que le terrain le pourra permettre ; & de même on les fera plus ou moins évafés.

B, B. Ouvertures par où on met le bois.

C, D. Les deux plaques ou cloisons qui, ensemble, forment le creuset du milieu.

E, F. Les deux plaques qui, avec une des faces intérieures du fourneau, composent les creusets des bouts, E, H, F G.

E C, D F. Deux plaques qui servent à maintenir, à empêcher de se voiler, celles entre lesquelles elles sont posées. On remarquera que dans les endroits où elles portent contre ces autres plaques, contre les plaques des creusets, qu'il y a des coulisses, qui servent à les empêcher de glisser à droite, ou à gauche.

F G. Petite plaque, qui comme les plaques D F, E G, archoute la plaque F, du creuset du bout.

La fig. 2. represente le fourneau en perspective, où

Q q q q q



du côté où est l'ouverture par où on charge le creuset du milieu.

A. Ouverture qui donne entrée au vent.

B, B. Portes par où on met le bois.

C, D, E, E. L'ouverture par où on charge le grand creuset, le creuset du milieu.

F, F. Les deux petites plaques, mises pour empêcher les plaques des creusets d'avancer, en se courbant, dans les foyers. Elles ne descendent pas, à beaucoup près, jusques au bas des grandes plaques.

G. Marque l'ouvrage dont on a commencé à charger ce creuset.

IH, IH, IH. Les liens du fourneau, dont on peut augmenter le nombre à volonté. Ils sont brisés en H, & dans le même endroit ont chacun une espece d'anneau.

KK. Une des barres verticales, dont les deux bouts sont engagés dans la maçonnerie du fourneau; & sur lesquelles les liens sont assujettis, soit avec des rivets, soit avec des vis.

TT. Est le terrain qui se trouve élevé des deux côtés au-dessus du plan du fourneau. Il pourroit aussi couvrir l'ouverture A, l'enterrer.

La fig. 3. represente encore le fourneau en perspective, & vu du côté opposé à celui qui paroist dans la fig. precedente; elle le represente vu du côté où l'on charge les petits creusets.

A. Est encore ici une des ouvertures par où l'air entre dans le fourneau.

F, F. Les petites plaques qui soutiennent les grandes.

fig. 3.

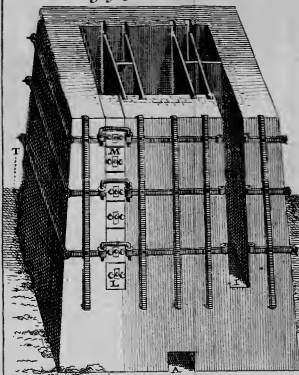


fig. 2.

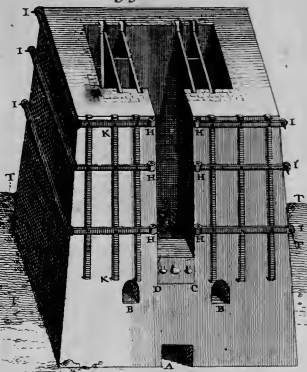


fig. 7.



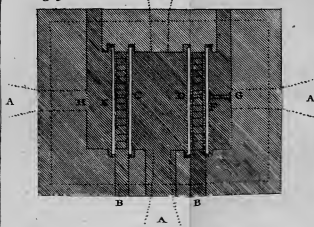
fig. 5.



fig. 6.



fig. 1.



1. 2. 3. 4. 5. 6. piedi.

fig. 9.



fig. 8.

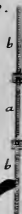


fig. 4.



G. Autre petite plaque par laquelle on arcbontera aussi, si l'on veut, les plaques des creusets des bouts.

IK. L'ouverture d'un des creusets des bouts. La partie de chaque lien, qui doit passer sur le creuset chargé, ne se trouve point ici.

LM. Montre en place toutes les pieces de terre, qui bouchent en entier l'ouverture du creuset lorsqu'il est chargé. Ici les liens passent sur ces pieces de terre.

La fig. 4. est composée de toutes les pieces de terre, qui arrangées les unes sur les autres, forment le mur du rapport qui doit boucher dans la fig. 2. l'ouverture C, D, E, E.

La fig. 5. est une de ces pieces de terre. PP, Les poignées au moyen desquelles on la tire du fourneau.

Fig. 6. la même piece à qui on a ôté son bouchon. Q, Ce bouchon.

La fig. 7. fait voir comment se rapportent les parties brisées des liens qui passent au dessus des ouvertures des creusets.

La fig. 8. est une coupe de trois plaques, mises les unes sur les autres. La plaque a entre dans des coulisses des plaques b. b.

La fig. 9. montre comment on peut lier ensemble les deux plaques du creuset du milieu pour les empêcher de se voiler.

On suppose qu'on mettra des couvercles aux creusets, & au fourneau, semblables à ceux qui ont été représentés dans les pl. 3. 4. & 5. il eût été inutile de les repeter ici.



CINQUIEME MEMOIRE ,

Des precautions avec lesquelles on doit recuire les ouvrages de fer fondu. Des changements que les differents degres d'adoucissement produisent dans ce fer. Comment on peut redonner aux ouvrages de fer fondu la dureté qu'on leur a ostée. Et comment on peut, & jusques à quel point, adoucir le fer forgé.

A mesure qu'on a rempli le fourneau des ouvrages qu'on y veut adoucir , qu'on l'a chargé, nous avons fait mettre des baguettes de fer * à la hauteur de chacune de ces ouvertures qui se ferment par des bouchons aisés à ôter. Entre ces baguettes, il y en a dont le diamettre approche de l'épaisseur des pieces les plus massives, & d'autres plus menuës. Ce sont ces différentes baguettes qui doivent nous instruire de l'effet que le recuit a produit sur les ouvrages ; mais pour être en état d'en juger, nous avons besoin de connoître quels sont les changements successifs que ce recuit opere dans le fer qu'il adoucit ; car alors nous n'aurons plus qu'à observer sur les cassures des baguettes que nous aurons retirées , si les
changements

* Pl. 16. A, B, C.



changements , qui dénotent l'adouccissement , y ont été faits. Nous devons sçavoir aussi jusques à quel point les différentes especes de fer fondu peuvent être adouccies.

Quand on a retiré du fer fondu du fourneau , & qu'on l'a laissé refroidir , à la seule inspection de l'exterieur , on peut juger s'il a été adouci en partie , ou s'il ne l'a pas été du tout. Le fer qui s'est refroidi dans le moule , où il a été coulé , à une couleur bleuâtre , d'un bleu ardoisé ; s'il a conservé cette couleur , ou si après lui avoir été ôtée par une sorte de rouille ou autrement , elle lui est revenue dans le fourneau , ce fer n'est point du tout adouci. La premiere maniere d'essayer s'il est adouci , c'est de le tâter avec la lime ; la lime mord rarement sur celui qui a cette couleur bleuâtre. Mais si la couleur est terne , d'un brun tirant sur le café , ou plus noirâtre , on peut compter sûrement que sa surface est douce.

Le fer fondu dont la surface a pris une couleur brune , est donc devenu du fer limable , au moins auprès de sa surface , il y est adouci. Cassons-le pour observer les changements sensibles qui se sont faits dans son interieur , mais commençons par casser un morceau qui ne soit pas adouci à fond * ; nous trouverons un changement de couleur dans toute la cassure ; si la fonte étoit blanche , elle sera moins blanche ; si elle étoit grise , elle sera devenue plus brune , & presque noire : la fonte qui étoit noire , devient d'un noir foncé.

* Pl. 16. E.

R r



On fera cette comparaison de couleur sûrement, si on conserve des morceaux des mêmes baguettes, que nous avons mises dans le fourneau. Ce changement de couleur s'est étendu jusques au centre d'un morceau, avant qu'il s'y soit fait aucun adoucissement considérable ; il le précède souvent de long-temps ; à peine la plus mince couche de la surface plus mince que du papier, est adoucie, que tout a changé de couleur comme nous venons de le dire.

Mais le changement le plus remarquable qui se fait dans le fer pendant l'adoucissement est celui de sa tiffure, celle de la fonte blanche, qui étoit compacte, où on ne voyoit point de grains, ou à peine pouvoit-on distinguer quelques lames, même avec le microscope, devient plus rare ; tout au tour de sa surface, on apperçoit un cordon
 * Pl. 16. E. composé de grains * ; par tout où cette fonte a pris des grains elle est adoucie. Insensiblement les grains s'étendent, & gagnent jusqu'au centre *. Quand tout l'intérieur jusqu'au centre est parvenu à être grainé, le fer fondu y est adouci ; il est limageable par tout où il a pris des grains ; mais d'abord, dans les endroits qui commencent à s'adoucir, les grains n'y sont que parsemés, ils sont écartés les uns des autres. A mesure que l'adoucissement avance la quantité des grains se multiplie en chaque endroit, ils y deviennent plus pressés les uns contre les autres *. A mesure aussi que l'adoucissement continuë, la couleur du fer fondu devient plus terne, celle de la fonte blanche, & la plus

* Pl. 16. E.

* F.

* G.



blanche devient plus grise que celle de l'acier ordinaire, que même celle de l'acier le plus difficile à travailler. Mais une singularité à remarquer, c'est qu'au milieu de ces grains, il y a des endroits parsemés de grains plus gros & très-noirs, elle en est toute piquée *.

* K, K, L.

Suivons encore le changement un peu plus loin; le feu, le recuit a rendu nôtre fer fondu d'une couleur plus terne; si on continuë ce recuit plus long-temps, il se forme autour de sa surface, un cordon blanc, brillant, d'une couleur plus claire que celle de l'acier, en un mot qui approche de celle des fers blancs à lames; ce cordon est aussi composé de lames, qui laissent entr'elles des vuides, comme en laissent les lames du fer de notre seconde classe; aussi ce cordon est-il un véritable cordon de fer, qui feroit malleable comme le fer ordinaire.

Enfin le recuit est-il encore pousé plus loin, le cordon blanc s'étend *, tout l'interieur re-

* K.

prend des nuances de plus claires en plus claires, & ensuite de la blancheur. Mais ce qu'il y a encore plus à remarquer c'est le changement de tîsure qui continuë à se faire; il y a des fers fondus dont la cassure devient précisément semblable à celle des fers à lames de la première & de la seconde espece. Il ne seroit nullement possible en comparant la cassure de ces fers avec celle de nos fers fondus, de décider lesquels sont des fers fondus; elles montrent l'une & l'autre des lames très-gran-

R. 121



* Pl. 16. M.

des, mêlées avec de plus petites, & d'un très-grand éclat; s'il y a quelque avantage du costé de la blancheur & du brillant, il est en faveur de notre fer fondu. D'autres fers fondus, après de longs recuits, ont des cassures semblables à celles des fers à grains*; elles sont moins blanches, & moins brillantes, que celles des autres fers fondus, mais toujours au moins aussi blanches que celles des fers forgés à qui elles ressemblent, aussi sont-elles redevenues à l'état du fer forgé.

* F. G.

Arrêtons-nous encore à remarquer les changements qui se sont faits dans nos fontes blanches à mesure qu'elles ont changé de tiffure & de couleur. Nous n'avons pas parlé jusques ici assez noblement de nos ouvrages de fer fondu, au moins si l'acier est plus noble que le fer; ils sont, quand on le veut, des ouvrages d'acier, semblables à ceux d'acier ordinaire; & il est plus difficile, ou au moins plus long de les ramener à être de fer commun. C'étoit une conséquence nécessaire de tout ce que nous avons reconnu de la nature de l'acier, de celle du fer, & de celle de la fonte, que nos fontes en s'adouccissant devoient devenir acier semblable à l'acier ordinaire; elles le sont aussi lorsqu'elles ont pris une couleur terne, & que leur cassure paroît composée de grains*. Si ces fers, rendus limables, sont chauffés & trempés comme l'acier ordinaire, ils prennent de même de la dureté par la trempe; quand ils sont sortis de l'eau la lime n'a plus de prise sur eux; & si on



les chauffe ensuite sur les charbons, ils redeviendront limables, comme le redeviennent les aciers ordinaires; en un mot notre fonte est alors transformée en un véritable acier, pareil à l'acier commun.

Mais ce nouvel acier ne doit pas être d'une condition plus durable que l'autre, on doit le détruire, le ramener à être fer*, le mettre hors d'état de prendre la trempe, en continuant à lui enlever les souffres, ou ce qui est la même chose, en continuant à le recuire; c'est aussi ce qui ne manque pas d'arriver: dès que le cordon gris, composé de grains, est devenu blanc, & composé de lames, alors il est fer: qu'on le trempe en cet état, & on trouvera précisément ce qu'on a trouvé dans nos aciers qui ont été adoucis par des recuits, qui sont devenus enveloppés d'une couche de fer; après la trempe la lime mordra sur la première surface, elle est fer; mais elle ne mordra pas par-delà l'endroit où cesse le cordon de fer. Si après avoir endurci par la trempe le centre de notre morceau de fer fondu, on le met sur les charbons, qu'on le fasse rougir, & qu'on l'y laisse refroidir lentement, il y redeviendra limable, comme l'est l'acier ordinaire non trempé.

* Mem. 8.
sur l'acier.

Si l'ouvrage de fer fondu est épais, on peut donc dans le même endroit de la cassure avoir du fer dans tous les états, & cela par le moyen du recuit. La surface pourra être fer, ce qui suivra sera acier, & le centre, s'il n'a pas encore été adouci, sera resté fonte.

R. r. iij.

De tout cela il résulte que, si on pousse l'adoucissement seulement jusques à un certain point, l'ouvrage de fer fondu est devenu un ouvrage d'acier; que si on pousse le feu plus loin, il est d'acier revêtu de fer, & enfin un adoucissement encore plus long, le rend pur fer.

Nous parcourerons les usages qu'on doit faire du fer fondu ramené à ces différents états, pour différents ouvrages; mais pour la plus grande partie, ils ne le demandent que ramené à être acier; de sorte que réellement nos ouvrages de fer fondu deviennent des ouvrages d'acier. Comme ce nouveau nom n'ajouteroit rien à leur mérite, laissons leur pourtant l'ancien.

Notre fer fondu, qui a été mis blanc dans le fourneau, y est d'abord devenu d'une couleur terne, il y a ensuite pris des nuances de plus brunes en plus brunes, en continuant à s'adoucir. Devenu brun, ou gris, jusques à un certain point, & continuant toujours à s'adoucir, il a ensuite commencé à prendre des nuances blanches, & de plus blanches en plus blanches, & enfin il est arrivé à être plus blanc qu'il ne l'a jamais été.

On demandera apparemment pourquoy le fer qui commence à s'adoucir devient de moins blanc en moins blanc, & on demandera surtout pourquoy étant devenu gris, brun, jusques à un certain point, il retourne au blanc? voici ce me semble ce qu'on peut dire de plus probable pour expliquer la raison de ce retour: Quand le fer fondu

a commencé à souffrir le recuit, sa tiffure étoit égale, toutes ses parties étoient à peu près également pénétrées de soufres & de sels, il n'y avoit ni grains, ni lames visibles, & alors il paroissoit blanc. Le feu a-t'il agi sur ce fer pendant un certain temps, il paroît grainé; les soufres & les sels qui se sont évaporés, ont trouvé des routes plus commodes en certaines directions que dans d'autres; en se faisant passage, ils ont divisé par parcelles la masse du fer, & c'est cette espece de division qui produit la grainure qui paroît alors. De cela seul, que ce fer est devenu grainé, il doit paroître moins blanc, qu'il ne le paroissoit; mais outre cela chacun de ses grains est devenu plus spongieux; d'ailleurs des soufres qui pénétoient les parties ci-devant, & qui sont en route pour les quitter, les soufres qui ont quitté les parties élémentaires, peuvent faire encore une alteration dans sa couleur. Nous avons donc assés de quoi le rendre brun, & de plus brun en plus brun, dès que nous l'avons réduit en grains, & que nous avons même rendu chacun de ses grains plus spongieux.

Nous avons rapporté en passant, comme une singularité, qu'il paroît parsemé en certains endroits de grains tres noirs, * ces grains noirs peuvent eux-mêmes nous faire voir d'où vient la couleur brune du reste. Je les ai observé au microscope, & alors je n'ai plus trouvé de grains dans ces endroits, mais j'ai vû que ce que je prenois

* Pl. 16. L.

pour des grains noirs étoient des cavités beaucoup plus considérables que celles qui sont ailleurs. Des cavités plus petites, & posées plus proche les unes des autres, ne donneront donc qu'une couleur brune, ou terne à notre fer fondu.

Il est plus difficile de voir, ce qui va le ramener au blanc. La difficulté pourtant seroit plus considérable, si, devenu blanc pour la seconde fois, il avoit son premier blanc, & sa première tissure. Mais on observera que ce dernier blanc, est un blanc vif & éclatant, au lieu que le premier étoit mat. D'ailleurs, au lieu que la première tissure étoit égale, la dernière est très-inégale. On lui trouve, ou des grains qui laissent entre eux des vuides, ou des lames séparées les unes des autres par des vuides encore plus grands; & on n'y voyoit rien de pareil, quand il a été mis au feu. Les vuides qui restent entre les grains & les lames, & qui n'y étoient pas auparavant, ne sont pas certainement les places qui ont été abandonnées par les soufres & les sels, ils n'étoient pas ainsi amoncelés. Mais il faut concevoir que les grains qui étoient spongieux, quand les soufres ont été évaporés, sont ensuite devenus plus compacts; les parties du métal ayant été mises dans un état approchant de celui de la fusion, se sont touchées les unes les autres, & collées les unes contre les autres; il n'y a donc plus eu alors autant de vuide dans chaque grain, dans chaque lame, & il s'en est fait de plus grands entre les grains & les
les

les lames. Mais les grains visibles par eux-mêmes, dès qu'ils sont devenus d'une tiffure plus serrée, sont devenus plus blancs, & d'un blanc plus vif & plus éclatant que celui qu'ils avoient d'abord, parce que les parties métalliques ne sont plus mêlées, avec autant de matieres étrangères.

Une des premieres fois que je commençai à adoucir le fer en grand, celle même où je fus dérangé par les écailles, il y eut un événement qui me paroît bien meriter d'être rapporté, & dont l'explication eût été embarassante, si elle n'eût été précédée des observations dont nous venons de parler. Parmi les ouvrages qui étoient dans le fourneau, il y avoit plusieurs grands marteaux de porte cochere *. Ces marteaux étoient pesants, * Pl. 16. Q. comme il convenoit à leur grandeur & à leur Q. OO, PP. épaisseur. Lorsque je les retirai du fourneau, je ne fus pas peu surpris de les trouver legers; de massifs, que je les y avois mis, ils étoient devenus creux; ce n'étoient plus que des tuyaux contournés *; tout * R, S, T. leur interieur s'étoit vuïdé; ils avoient pourtant conservé leur forme extérieure; ils n'avoient perdu que quelques feüillages, qui s'en étoient allés avec les écailles; regardés attentivement, on remarquoit quelques petits trous * par où la matie- * T. re de l'interieur s'étoit écoulée, après être devenue fluide. Il n'est pas merveilleux que ces marteaux fussent devenus plus legers, une partie de la matiere, dont ils étoient composés, s'étant écoulée, mais il le paroît que ce soit la matiere qui oc-

cupoit l'interieur, & même le centre qui eût été renduë fluide, pendant que les couches exterieures avoient conservé leur solidité; il est contre l'ordre que la fusion commence par l'interieur. Les couches interieures n'ont de chaleur que celle qu'elles reçoivent des couches exterieures; elles peuvent au plus en avoir autant, mais elles ne sçauroient en avoir davantage. Pour le denouement de ce fait, il suffit neantmoins de se souvenir que le fer forgé ne sçauroit être mis en fusion par le feu ordinaire, & concevoir que la chaleur n'a été assez violente dans notre fourneau, pour rendre la fonte fluide, qu'après qu'une certaine épaisseur de nos marteaux a été adoucie, a été convertie en fer forgeable, ou en acier. La chaleur a eu beau alors augmenter, les marteaux ont conservé leur forme exterieure: leur interieur étoit de la fonte qui se trouvoit renfermée dans une sorte de creuset de fer non fusible, & clos de toutes parts; elle s'est liquesfiée dans ce creuset; & dans les endroits, où il étoit le plus mince, le plus foible, après avoir ramolli les parois de cette espee de creuset, elle les a forcé à céder; elle s'est ouverte des passages, par lesquels elle a coulé dans le fourneau, ou dans le creuset commun à toutes les pieces. J'ai trouvé cette fonte dans le bas du fourneau en masse informe.

Peut-être mettra-t-on cette observation à profit, pour donner de la legereté à certains ouvrages de fer fondu qui seroient trop pesants.

Si après avoir amené leurs premières couches à être acier, ou fer forgé, on pousse le feu plus violemment, leur intérieur fondra assés vite. Il n'arrivera pas même pour cela, à la surface de s'écailler, s'il y a de la poudre de charbon mêlée avec la poudre d'os; la poudre d'os étoit seule, lorsque le fait precedent arriva.

Pour m'assurer que cette experience n'étoit point l'effet d'un hazard singulier, ou pour parler plus exactement, d'un concours de causes difficiles à rassembler, j'ai cherché à changer des cylindres massifs en des tuyaux creux. Pour cette experience, j'ai pris des morceaux de ces mêmes baguettes * que nous avons employées pour les * x, y. épreuves. J'ai mis de ces morceaux de baguette, dans de petits creusets, où ils étoient entourés de la composition propre à adoucir. Ces creusets étoient exposés au feu d'une forge ordinaire, & entierement couverts de charbons. Je leur ai fait donner d'abord un feu moderé propre à les adoucir; quand j'ai estimé que ce feu avoit suffisamment produit d'effet, qu'il avoit tiré les premières couches de nos cylindres de l'état de fonte de fer; j'ai fait augmenter le feu au point nécessaire pour rendre liquide de la fonte de fer. Celle qui occupoit le centre de nos cylindres l'est devenue aussi, & devenue liquide elle a abandonné le milieu du cylindre, qui a été transformé, comme j'avois travaillé à le faire, dans un tuyau cylindrique * z.

Cette experience faite pour ainsi dire à tâtons, ne m'a pas pourtant toujours réussi; quelquefois j'ai fait agir trop tard le feu violent, dans le temps que les cylindres avoient été adoucis, jusques au centre, alors ils ont conservé leur solidité. Quelquefois j'ai fait donner trop tôt le feu vif, & alors tout s'est fondu, la couche adoucie, devenue fer commun, étant trop mince, a été un creuset trop foible pour contenir le métal fondu. Mais veut-on une maniere inmanquable de la faire réussir? qu'on retire du fourneau, où on a mis des baguettes pour épreuves, de ces baguettes; qu'on les casse, & qu'on voye sur leur cassure, quelle partie de leur épaisseur est adoucie; si cette épaisseur paroît suffisante, qu'on donne à ces baguettes un feu violent, comme nous venons de l'expliquer, & on les rendra creuses. L'expedient que nous proposons pour ces baguettes, sera general pour toutes les especes d'ouvrages; on peut y laisser des jets de fonte, qui étant cassés instruiront de l'état du reste. Mais le succès sera d'autant plus sûr que les pieces seront plus épaisses; cela même est une circonstance heureuse, car ce ne sera guere que pour les pieces épaisses qu'on pourra tirer avantage de cette observation. Avant de la quitter, remarquons encore qu'on pourra faciliter la sortie de la matiere qui se fondra au milieu d'une piece, & donner à cette matiere fluide issue par quel endroit on voudra; on fera l'un & l'autre en couvrant cet endroit d'un petit enduit de sable, ou

de quelque matiere, moins propre à avancer le radoucissement, que ne le sont nos compositions*.* Y.

Entre les ouvrages qu'on peut faire de fer fondu, il y en a qui ne demandent à avoir que leurs premieres couchies adoucies ; tels sont ceux qui n'ont besoin que d'être travaillés à la lime, aux ciseaux & ciselets ; qui sont destinés à des usages, où ils fatiguent peu, ou qui étant tres épais, sont par leur épaisseur suffisamment en état de résister. Car quoique le fer fondu soit naturellement cassant, il peut résister par la grosseur de sa masse. On fait actuellement, sans autre préparation, des enclumes de fer fondu, qui soutiennent les coups des plus pesants marteaux ; on pourroit frapper rudement de grosses masses de verre, sans les casser. Il seroit inutile de donner un recuit long aux pieces qui ne demandent que ce leger adoucissement.

D'autres ouvrages de fer fondu veulent être adoucis jusqu'au centre ; tous ceux qu'on doit percer de part en part avec le foret sont dans ce cas ; tous ceux où il faut tailler des écrouës ; la durée du feu les amenera toujours à ce point quand on voudra.

Enfin d'autres ouvrages ont non seulement besoin d'être adoucis, mais ils ont besoin de devenir moins cassants, d'acquérir de la souplesse jusqu'à un certain point ; c'est ce que nous appellerons ici prendre du corps, comme nous l'avons fait en parlant de l'acier. Ceux qui demandent à acquérir une sorte de flexibilité, doivent

être flexibles ou à chaud, ou à froid; comme on ne jette des ouvrages en moule, que pour n'avoir pas la peine de les forger, la souplesse qu'on doit exiger des ouvrages de fer fondu, pour être travaillés à chaud, n'est pas qu'ils se laissent forger entièrement, que l'on puisse changer tout-à-fait leur figure, ce seroit perdre les avantages de nôtre art; mais il y a des circonstances, où une piece, pour être ajustée dans la place où on la veut, pour être assemblée avec une autre, a besoin d'être courbée, ou redressée, d'être quelque part un peu applatie; des fleurons, ou d'autres ornements qu'on veut placer dans des grilles sont souvent dans ce cas. Les ouvrages de fer fondu, qui auront été adouccis jusques au centre, peuvent être chauffés couleur de cerise, & alors, pourvû qu'on les traite doucement, ils se laisseront plier & applatir.

Quoique les ouvrages soient adouccis, ils peuvent ne l'avoir été que jusqu'à un point, tel que si on leur donnoit une chaude suante, ils creveroient sous le marteau, ils resteroient pleins de fentes; par l'adouccissement ils deviennent d'abord aciers, mais ils commencent par être aciers intraitables, aciers des plus difficiles à forger; enfin on les ramene à être des aciers de qualité approchante de celle des aciers ordinaires, & même à la nature du fer forgé, si l'adouccissement est poussé plus loin.

J'en ai pourtant trouvé, qui ramenés même à l'état du fer forgeable, ne se laissoient quelquefois forger, que comme des aciers difficiles à tra-

LE FER FONDU.

511

vailler, & cela n'est pas étonnant; il y a des fers ordinaires difficiles à forger; les parties de notre fer, qui doit son état au radoucissement, sont écartées les unes des autres, elles laissent entre elles des vuides; sçavoir, une partie des espaces qui étoient occupés par les sels & les soufres qui lui ont été enlevés; chauffe-t-on ce fer à un grand degré de chaleur, & le veut-on forger rudement, on écarte des parties mal unies; quelques-unes se détachent, il se fait des crevasses. En réitérant les chaudes on parviendroit à réunir ces endroits gerfés, comme on réunit ensemble deux morceaux de fer différents; mais, nous le repetons, nos ouvrages de fer fondu ne demandent pas d'être façonnés au marteau; on ne moule point le fer pour avoir la peine de le forger. Ils peuvent au plus demander à y être un peu redressés, & il sera facile de les mettre en cet état.

Par l'adoucissement, j'ai pourtant mis du fer fondu en état de se laisser travailler à chaud, comme eût fait du fer en barres; après avoir été forgé, il ne laissoit voir aucunes fentes, aucunes gerfures; mais pour l'amener à ce point, il faut continuer le recuit bien plus long-temps qu'il ne seroit nécessaire, pour donner au fer fondu la molesse qui donne prise aux ciseaux & aux limes.

On fera plus si les pieces sont minces; si on réitere les recuits assés de fois, après avoir ramené ces pieces à la condition du fer forgé, on leur fera acquérir une souplesse qui, à froid,

surpasse celle de certains fers : j'ai souvent si bien adouci des pieces minces, comme sont des gardes d'épées, des dessus de tabatieres, que je les ai conduites au point de se laisser plier en deux à coups de marteau ; il y a bien des pieces qui étant faites de diverses sortes de fer forgé, n'auroient pas eu une si grande souplesse. Des recuits pousés plus loin donneront aussi une sorte de flexibilité, du corps jusqu'à un certain degré, aux pieces épaisses, surtout si elles sont de certaines especes de fonte.

Outre l'avantage du corps que le fer fondu retire des recuits pousés plus loin que le travail de la lime ne le demanderoit, il en retire un autre ; nos observations nous ont appris que le fer commencé à adoucir, & même devenu très-limable, a une couleur terne, grise ; mais que si le recuit est continué, que cette couleur s'éclaircit, & qu'enfin la couleur la plus blanche, & la plus vive, que le fer puisse prendre, lui succede. Si on a ôté le fer du fourneau dans le premier état d'adoucissement, il est évident que les ouvrages réparés, avec quelque soin qu'on les polisse, n'auront pas une couleur si blanche, que si le fer eût été pris dans l'état du second adoucissement. Si cependant les ouvrages qu'on veut adoucir, n'ont besoin, après l'adoucissement, que d'être réparés, qu'il ne faille pas les percer, ni en emporter des couches épaisses, il ne sera nullement nécessaire que le recuit donne de la blancheur à tout l'interieur du fer ; c'est alors

alors à la surface à qui on a affaire, & nous savons aisés, qu'heureusement l'adoucissement, & par conséquent les nuances de blanc, commencent par là.

Nous avons supposé tous nos ouvrages de fonte blanche; ceux de fonte grise, ou même noire, limables avant le radoucissement, sembleroient promettre encore un adoucissement plus considérable; tout au plus craindrait-on pour eux, qu'étant déjà de couleur brune, & qui le devient encore davantage par le premier recuit, ils ne fussent des fers d'une vilaine couleur. Mais ce n'est pas par où ils pechent le plus; ces ouvrages, déjà traitables à la lime avant d'avoir été recuits, recuits sont à la vérité plus limables; mais quelques adoucis qu'ils soient, ils ne prennent jamais le corps des ouvrages de fonte blanche. Les fontes grises ne peuvent guère, par le radoucissement, être ramenées à se laisser forger à chaud; & encore moins à prendre un degré de souplesse qui permette de les plier à froid, comme nos fontes blanches. Nous avons vu qu'elles diffèrent des blanches, parce que les parties métalliques y sont mêlées avec plus de parties terreuses, de parties vitrifiées; le recuit ne les dépouille point de ces matières terreuses, la fusion est le grand moyen de le faire. Quand elles ont été radoucies, quand leurs souffres leur ont été enlevés, elles sont plus limables qu'elles ne l'étoient; la lime mord bien sur le verre; mais ces parties terreuses, ces parties vitrifiées, tou-

jours roides, toujours inflexibles, qui ne sont nullement forgeables de leur nature, empêchent les parties métalliques d'avoir assés de liaison entre elles pour se laisser plier, ou forger. Si cependant on pousse, jusqu'à un certain temps, le recuit de ces fontes, la couleur brune, & même la couleur noirâtre qu'elles avoient naturellement, & qui étoit devenuë encore plus foncée dans le commencement du recuit, s'éclaircit, & elle se change ensuite dans une couleur blanche; mais qui ne m'a jamais paru si blanche, ni si éclatante que celle à laquelle arrivent les fontes plus pures naturellement.

Au reste toute fonte ne sera pas capable d'acquiescer un égal degré de flexibilité, quoiqu'elle prenne au recuit la même nuance; il y en a qui doivent l'emporter beaucoup sur les autres de ce côté là; il y a des fers forgés incomparablement plus flexibles les uns que les autres; il est probable que les fontes qui donnent les fers forgés les plus liants, donneront aussi les ouvrages de fer fondu qui auront le plus de corps. J'ai trouvé des fontes qui sont devenuës flexibles à un point qui m'a surpris; il n'y a point de fer qui se laisse mieux plier que les morceaux des fontes dont je veux parler; mais malheureusement j'ignorois le fourneau d'où ils étoient venus. Aussi est-ce une suite d'expériences, qui restent à faire, que d'éprouver les fontes de différents pays, qui prendront plus de corps par les recuits; & ce sont des ex-

periences qui se feront necessairement à mesure que notre art s'étendra ; mais la présomption est actuellement pour les fontes qui donnent des fers fibreux.

Nous avons dit que la plupart des fontes qu'on a jusqu'à présent coulé en moule en sortant du fourneau, où la mine a été fondue, sont des fontes grises. Mais si à l'avenir on veut mouler de la fonte immédiatement à la sortie du fourneau, on choisira les mines qui donnent la plus blanche, & on la rendra encore plus blanche, & le plus liquide qu'il sera possible. La qualité des mines entre au moins pour quelque chose, & peut-être pour beaucoup dans la couleur de la fonte. Nous avons des Provinces comme le Berry, dont presque toute la fonte est blanche, & nous en avons d'autres, comme le Nivernois, dont presque toute la fonte est grise. Les fontes grises peuvent devenir blanches par les précautions avec lesquelles on les fondra ; mais il est vraisemblable que celles, qui le sont naturellement, composeront des ouvrages de fer fondu qui auront plus de corps.

On pourra donc mouler, en y apportant quelque attention, les fontes qui viennent de la première fusion de la mine ; & surtout on pourra mouler ces fontes pour en composer les grands ouvrages, ceux qui demandent plus de matière que n'en peuvent contenir les creusets, ou les autres fourneaux, dont nous avons parlé dans le

second memoire de cet art; ce sera d'ailleurs un objet d'épargne. Enfin nous avons vû que les ouvrages, faits même des fontes les plus grises, peuvent devenir d'une belle couleur, & en état de se laisser polir, pourvû qu'on donne au recuit toute la durée necessaire.

Nous avons observé ailleurs que le fer qui se transforme en acier augmente de poids; la fonte qui se transforme en acier, ou en fer, doit donc au contraire perdre quelque chose du sien. J'ai pesé de la fonte très-exactement avant de la mettre à adoucir; je l'ai pesée une seconde fois quand elle a été adoucie; sûrement son poids n'a pas augmenté dans l'operation, il m'a paru même y avoir diminué de quelque chose, mais peu considerable, & difficile à déterminer precisément.

Nous avons distingué differents degres d'adoucissements qui conviennent à différentes especes d'ouvrages; mais il n'est presque pas possible d'entrer dans le détail de la durée du feu qu'ils demanderont, car elle doit être proportionnée à l'épaisseur des ouvrages. Pour donner pourtant quelque idée des frais; nous dirons que si on chauffe avec du bois un fourneau dont les creusets auront les dimensions de celui qui est représenté pl. 3. & 4. qu'une voye de bois y adoucira presque tous les ouvrages au point de pouvoir être bien réparés, de quelque grandeur que soient ces ouvrages, & quoiqu'ils aient un ponce & demi d'épaisseur en quelques endroits, ce qui fait des pieces de fer

épaisses. Tout le fourneau ne doit pourtant pas être rempli de pieces si épaisses, il y en aura de beaucoup plus minces, dans les endroits où la chaleur est la moins violente. Cette voye de bois y doit être brûlée dans trois jours & deux nuits au plus, & même dans un temps plus court; si on la fait durer plus long-temps, la chaleur ne sera pas assés vive. Si le fourneau est construit sur les mêmes mesures que celui de la pl. 13. on y brûlera environ deux voyes de bois. L'operation sera plus prompte & adoucira le fer plus profondément, si au lieu de bois on employe le charbon, & qu'on excite son ardeur par un soufflet: mais aussi sera-t-on plus attentif alors à voir jusques où va la chaleur des ouvrages, ils pourroient fondre; pourvû qu'ils ne fondent pas, ils ne sçauroient chauffer trop vivement; mais on sera instruit de leur degré de chaleur; comme du succès de l'operation par les baguettes d'essais dont nous avons assés parlé.

Quand nous disons qu'on ne sçauroit chauffer trop vivement, nous supposons que les ouvrages qu'on veut radoucir, sont entourés des poudres d'os; si on étoit obligé de se servir de craye, de glaise, ou de quelque autre matiere alcaline tirée de la terre, on auroit une grande attention à n'entretenir dans les creusets qu'une chaleur modérée; pour peu que ces matieres fussent de la nature de celle dont j'ai rapporté l'effet singulier, de celle qui rendit à de la fonte adoucie sa pre-

miere dureté, on trouveroit peu son compte si on laissoit monter le feu. La regle alors sera d'entretenir les ouvrages des creusets dans un rouge couleur de cerise; mais cela prolongera bien considerablement la durée du recuit.

Quelque attention qu'on ait à donner aux pieces les places qui leur conviennent le mieux, par rapport à leur épaisseur, il arrivera souvent que quelques-unes, pour être elles mêmes en differents endroits d'épaisseur très-inegale, ne seront pas suffisamment adouccies. Il y a des épaisseurs qui peuvent être adouccies dans dix à douze heures, & d'autres qui demandent plusieurs jours. Ces différentes épaisseurs peuvent se trouver dans le même ouvrage. Le remede sera facile, ce sera de trier celles-là, & de les garder pour une seconde fournée, où elles seront remises; comme on y remettra generalement toutes les pieces qui n'auront pas été rendues assez traitables.

La premiere fournée, celle où on n'auroit brûlé qu'une voye de bois, ne procurera pas non plus un adoucissement suffisant aux ouvrages épais qui demandent à être adouccis jusques au centre, au point de pouvoir être percés, ni même à ceux, des ouvrages minces, qui doivent être adouccis au point de se laisser plier à froid. On les recuira une seconde & une troisieme fois, jusques à ce qu'on les ait amenés au degre où on les veut. Il y auroit encore plus d'épargne à mettre dans différentes fournées les ouvrages qui demandent dif-

ferents degres d'adoucissements, on profiteroit de la chaleur acquise, en ne les laissant point refroidir, & continuant le feu jusques à ce qu'ils fussent adoucis à fond.

Ce n'est pas qu'il en soit ici, comme pour nos aciers, que la durée du feu puisse nuire au fer adouci au point où il a besoin de l'être; l'adoucissement ne sçauroit rien gâter, que poussé par delà des bornes, où on ne s'avisera pas de le pousser, ce seroit après un trop grand nombre de recuits repetés; mais il est dommage de consumer du bois pour produire un effet inutile. Aussi faudroit-il avoir deux, ou trois, ou même un plus grand nombre de fourneaux, ils ne reviendront pas chacun fort cher. On se serviroit des uns ou des autres selon les especes d'ouvrages qu'on auroit à adoucir; on mettroit dans les petits fourneaux tous les ouvrages minces.

Quoique nous ne puissions entrer dans un juste détail de la dépense des recuits; on peut vouloir en prendre une idée grossiere; on peut craindre qu'outre les frais du recuit, le fer adouci ne coûtât davantage à reparer que les autres métaux; pour donner quelque idée de l'épargne, je citerai seulement deux ouvrages du même genre que je fis faire d'abord pour m'instruire moi-même. Le premier, est le marteau de la porte de l'Hôtel la Ferté* que nous avons cité dans le premier Me-

Pl. 17. fig. 1.

compte, parce qu'ils y entrent pour tres peu de chose; le même modèle servant à faire une infinité d'ouvrages semblables, ce qu'il a coûté se distribué sur eux tous. Aiant donc le modèle de ce marteau, j'en ai fait jettér plusieurs en moule, que j'ai ensuite fait adouccir & reparer. Ces marreaux, tres beaux & tres finis, ne me sont pas revenus chacun à 20. liv. pendant que l'original en avoit coûté 700. J'ai fait faire en plomb le modèle d'un autre marteau *; je l'ai présenté à divers Ouvriers, pour sçavoir ce qu'ils demanderoient pour le faire en fer forgé, quelques-uns en ont mis la façon à 1500. liv. & aucun ne l'a laissée audeffous de 1000. Plusieurs de ces marteaux, tres beaux, & tres finis ne m'ont coûté en fer fondu que 25. liv. chacun. Il ne faut pourtant pas croire, que les premiers ouvrages se donnent à si bon marché, on voudra faire payer les premiers modèles; tant qu'il y aura peu d'Ouvriers, ils les tiendront chers; mais à mesure que le nombre des Ouvriers augmentera, ils donneront au rabais.

Nous n'avons rien à ajoûter ici sur la maniere de piler le charbon, de le mêler avec les os, il n'y a pas sur cela de pratiques différentes à suivre de celles dont nous avons parlé à l'occasion de notre composition à acier; & nous ne ferions que repeter ce que nous avons dit tant de fois sur la nécessité de bien luter toutes les jointures. La flamme est capable d'empêcher l'adouccissement, & qui plus est de rendurcir, avec le temps, ce qui
a été

* Pl. 17. fig.
3.

a été adouci; elle rend au fer ce qui lui a été ôté.

En voici une preuve qui ne doit pas être oubliée. Je me suis souvent servi pour les recuits de nos ouvrages de plaques de fonte. Le côté de ces plaques, qui étoit touché par les matieres propres à radoucir, devoit donc être radouci, après l'operation finie; & il l'étoit, ce qui est dans l'ordre: & de même il étoit dans l'ordre que la face tournée du côté du feu restât dure. Dans la fournée suivante chaque plaque aiant été retournée de façon que la face, qui étoit en dehors du creuset, devint en dedans, elle se trouva à son tour en place de s'adoucir, & elle s'adoucit. Mais la face qui avoit été adoucie ci-devant, celle sur laquelle la flamme agissoit, reprit sa premiere dureté; le foret ne pouvoit plus la percer; de sorte que chaque fois qu'on retourne les plaques, on adoucit un côté, & au moins les premieres fois, on rendurcit celui qui étoit devenu doux.

Le côté des plaques qui est exposé au feu redeviendrait dur, quand ces plaques seroient de fer forgé: tout fer brûlé, tout fer réduit en écailles, ou près d'y être réduit, prend une dureté presque à l'épreuve des limes & des forets, ou une dureté approchante de celle du verre. Le fer brûlé est du fer vitrifié, au moins en partie.

Aussi quand, par quelque accident, la surface des ouvrages de fer fondu se fera un peu brûlée, qu'elle se fera écaillée, l'écaille sera toujours du-

re ; mais si on fait tomber l'écaille , souvent on trouvera le dessous tres limable. Ces écailles pourroient quelque fois faire croire que le fer n'est point adouci , quoiqu'il le soit très-bien ; & cela dans certaines circonstances où cette écaille , certe portion de l'épaisseur qui a été brûlée , ne s'est nullement détachée de dessus le fer ; elle y paroît quelquefois si bien appliquée , qu'on ne soupçonneroit pas , qu'il y a une partie de ce fer qui peut être facilement détachée du reste ; qu'on tâte alors l'ouvrage de fer fondu à la lime , il lui résistera. Mais qu'avec la pane d'un marteau on frappe doucement sur cet ouvrage , la partie brûlée , la partie écaillée se détachera par parcelles ; en donnant successivement de semblables coups sur tout l'ouvrage , on fera tomber la feuille brûlée dont il étoit enveloppé , & au dessous de cette feuille il fera limable.

Le fer fondu qui au sortir du recuit , où il a resté assés long-temps pour être adouci , a une couleur bluâtre , ou qui paroît parsemé de petits brillants , enfin , le fer qui n'a pas cette couleur d'un brun cassé , dont nous avons parlé au commencement de ce Memoire , ce fer a sûrement eu sa surface brûlée , il est recouvert d'une écaille dure , que les coups de marteau feront tomber.

Les ouvrages de fer & d'acier , ne scauroient être trop mous pendant qu'on les lime , & qu'on les cisele ; mais souvent il est à propos de leur donner de la dureré , lorsque la lime , les ciseaux ,

& les burins n'ont plus à mordre dessus ; si on ne les rendoit durs , on ne parviendrait pas à leur faire prendre un poli vif & brillant. Dans les métaux , comme dans les pierres , le degré du poli est toujours proportionné au degré de dureté ; d'ailleurs ces ouvrages conserveroient mal le poli qu'ils ont reçu , s'ils n'avoient de la dureté ; une clef extrêmement finie , comme sont celles qu'on nous apporte d'Angleterre , perdrait bientôt son lustre , si avant d'achever de la polir , on n'avoit eu la précaution de la tremper ; on trempe l'acier d'autant plus dur , qu'on veut le polir avec plus de soin. Quand l'adoucissement n'a ramené notre fer fondu qu'à être acier , il n'y a pas à douter qu'il ne puisse être trempé comme l'acier ; & quand l'adoucissement n'a reconvert l'acier , que d'une couche de fer mince , si en travaillant la piece , on emporte cette couche de fer , la piece pourra encore prendre la trempe. Si l'adoucissement l'a rendu trop fer , s'il l'a amenée en entier , ou fort avant à l'état du fer doux , elle ne pourra plus s'endurcir par la trempe ordinaire , comme nous l'avons dit ci-dessus.

Mais j'ai éprouvé qu'on l'endurcira de nouveau à quel point on voudra , en la trempant en paquet ; il n'y a point d'acier , dont la dureté surpasse celle qu'on peut lui donner , au moyen de cette sorte de trempe ; & alors elle pourra être polie , aussi parfaitement qu'on le voudra : d'ail-

V u u ij

leurs il faut moins de temps pour tremper en paquet les ouvrages de fer fondu, que pour tremper ceux de fer forgé.

Nous avons vû que pour tremper une piece en paquet, on la fait recuire dans des matieres qui feroient propres à la convertir en acier, qui lui fournissent des souffres & des sels; il suffit de donner un recuit d'une durée assés courte pour mettre la piece en état de s'endurcir étant trempée dans l'eau froide. Mais j'ai donné à dessein un recuit tres long à des ouvrages de fer fondu, adoucis au point d'avoir pris un grain blanc. Pendant ce recuit, ils étoient entourés de la même composition que j'ai décrite pour convertir le fer en acier. Au sortir du recuit le fer fondu, que je n'avois pas trempé dans l'eau, avoit repris une grande partie de sa premiere dureté, il y avoit des endroits que la lime ne pouvoit plus attaquer; d'autres endroits étoient seulement moins doux, & la couleur blanche qu'ils avoient acquise ci-devant, étoit redevenue plus brune. Apparemment qu'en poussant plus loin l'expérience, on rendroit de la sorte à une masse de fer adoucie toute son ancienne dureté. Pour adoucir le fer fondu, nous l'avons décomposé, & par cette operation nous le recomposons. Mais si le recuit n'est pas fait à feu violent, ni excessivement long, il n'augmentera pas la dureté, il donnera même du corps.

Quoique le fer fondu soit l'objet de notre nouvel art, nous devons apprendre que cet art sera même

utile au fer forgé ; une infinité d'ouvrages demanderoient de ce fer beaucoup plus doux qu'on n'en peut recouvrer. Quand il s'agit de faire à des serrures des garnitures très-contournées, jamais le fer n'est assés flexible au gré de l'Ouvrier ; avec quelque soin qu'il l'ait choisi, avec quelque précaution qu'il le plie, il se casse. De la tole extrêmement douce seroit nécessaire à une infinité d'ouvrages. Nos mêmes recuits employés pour le fer fondu peuvent procurer un adoucissement considérable au fer forgé, pourvû que ce soit du fer peu épais. Du fer ainsi adouci seroit, je croy, de débit, & fourniroit de l'occupation à ceux qui travailleroient à recuire le fer fondu.

Mais il s'en faut bien qu'il ne faille pousser aussi loin le recuit du fer forgé, que celui du fer fondu ; dans ce cas le trop de recuit nuiroit. Après avoir tenu de la tole un certain temps au feu, je l'ai trouvée aussi flexible qu'un carton mince ; j'ai retiré du fourneau du fil de fer qui se laissoit plier, replier, contourner, comme s'il eût été de plomb. J'ai recuit de la même tole, & du même fil de fer qui se cassoient bien plus aisément que dans leur état ordinaire ; ce qui est arrivé quand la durée du recuit a été plus longue. Si on ôte au fer ordinaire une partie de ses souffres, & de ses sels, il redevient plus doux : c'est l'effet d'un recuit qui n'a pas été long. Mais pousse-t-on le recuit trop loin, on enleve trop de ces mêmes matieres au fer ; ses parties ne tiennent plus en-

semble, il est dans le cas du fer qui auroit été brûlé à la forge, ou des écailles qui se détachent de dessus le fer pendant qu'on le bat sur l'enclume. Si les parties métalliques sont mêlées avec une trop grande quantité de soufres & de sels, il est roide & cassant : mais s'il a trop peu de ces mêmes matieres, les parties ne tiennent plus ensemble, elles se détachent par feuilles minces, par écailles, ou par grains ; la surface de toute barre chauffée & forgée, nous fournit presque toujours des exemples de ce premier état, & le fer chauffé vivement, réduit en safran de Mars, nous fournit des exemples du second. Une terre grasse peut nous donner une image assez ressemblante de tout ceci. Cette terre est-elle noyée d'eau, ses parties ne tiennent plus ensemble, elle est de la boue, ou dans un état approchant ; n'est-elle imbibée d'eau que jusques à un certain point, elle se laisse façonner, non seulement elle a de la consistance, elle a en même temps de la souplesse, de la flexibilité ; mais est-elle denuée d'eau à un certain point, devient-elle trop sèche, elle devient aussitôt friable : ce que l'eau est par rapport à cette terre, la matiere huileuse l'est par rapport à notre métal ; nous pourrions ailleurs pousser plus loin cette idée. Nous ajouterons seulement, par rapport à notre fer forgé, que selon la qualité dont il sera, il pourra soutenir des recuits plus ou moins longs, que les différences d'épaisseur doivent aussi entrer en considération, & que c'est le fer mince qui réussira le mieux.

Explication de la seizieme planche.

- A, B, C. Sont des baguettes de fer fondu de differente grosseur, destinées à servir aux essais ; un de leurs bouts est amené en pointe ; cette pointe fait que les grosses baguettes tiennent aussi lieu de baguettes plus petites.
- D. La cassure d'une de ces baguettes qui n'a pas encore été adoucie.
- E. Cassure d'une baguette commencée à adoucir ; elle a des grains fins près des bords ; d'autres endroits commencent aussi à en être piqués ; mais elle n'en a point encore au milieu.
- F. Cassure d'une baguette encore plus adoucie , elle a des grains par-tout , & plus serrés que ceux de la figure precedente.
- G. Cassure d'une baguette encore plus adoucie ; elle est entourée d'un cordon blanc qui est de la nature du fer forgé ; le reste est rempli par des grains plus bruns, & plus gros que ceux de la figure precedente.
- H. Cassure d'une baguette, encore plus adoucie, & où ce qui est grainé, l'est à plus gros grains, & plus noirs que dans la fig. G.
- I. Cassure de baguette encore plus adoucie que les precedentes, qui commence à reprendre de la blancheur, où les grains ne sont plus si noirs.
- K, K, L, L. Est la cassure d'un morceau de fer fondu plus gros que les baguettes precedentes, qui est actuellement

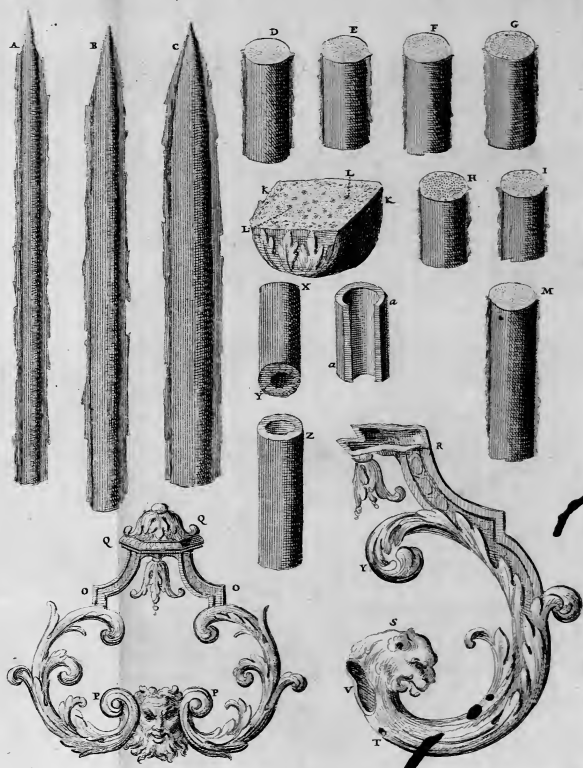
entouré d'un cordon assez épais dont la tiffure, & la couleur est semblable à celle de quelques fers forgés; le milieu est encore grainé, & de la nature de l'acier. L, L, y marquent par des lignes ponctuées des endroits plus noirs que le reste, qui à la vûe simple semblent des grains, & qui au microscope paroissent des cavités.

M. Cassure de baguette qui a pris un grain blanc, approchant de ceux des fers que nous avons nommé fers à grains.

QQ, OO, PP. Est un de ces marteaux de porte cochere qui devinrent entierement creux, excepté dans la partie QQ; étant considerablement plus épaisse que le reste, le feu ne fut pas apparemment assez violent pour la fondre.

R, S, T. Est une des parties de ce marteau qu'on a separée du reste pour faire voir à quel point le tout étoit creux; on l'a dessinée sur une plus grande échelle que le marteau. Les ouvertures R, V, qui sont celles qui se trouvoient aux endroits, où la piece a été separée du marteau, font assez imaginer la forme de cette espece de tuyau creux. En T, est un petit trou que le métal fluide s'étoit fait, & par où il s'étoit écoulé.

X, Y. Morceau de baguette de fer fondu pareil à ceux sur qui j'ai repeté l'experience que le hazard m'avoit fournie dans le marteau precedent. Y, endroit par où la fonte s'écoulera plus aisément, s'il est recouvert de sable, ou de quelque matiere qui retarde l'adoucissement. Z, Ce cylindre changé en tuyau creux. a a, Le tuyau creux ouvert tout du long,



SIXIEME MEMOIRE.

Où on parcourt les differents ouvrages qui peuvent être faits de fer fondu ; où on avertit des precautions avec lesquelles quelques-uns veulent être jettés en moule, & recuits ; & où on fait connoître aussi quels sont les ouvrages qui ne doivent pas être faits de cette sorte de fer.

FAire de plus beaux ouvrages, les faire aussi bons, & à meilleur marché, sont les degrés de perfection où l'on doit travailler à conduire les arts ; & ce sont des avantages que notre nouvel art paroît avoir dès sa naissance, sur ceux qui jusqu'ici ont mis le fer en œuvre. Il est peu de ces arts à qui il ne doive devenir utile, on en fera d'autant plus convaincu qu'on fera plus d'attention aux usages immenses auxquels il peut s'étendre ; nous allons en indiquer une partie. Peut-être pensera-t-on que nous saisissons volontiers cette occasion de donner plus de prix à nos recherches ; ce qui est de sûr c'est que nous ne saurions en être contents qu'à proportion de ce que elles deviendront utiles au public ; & pour les lui

rendre plus utiles, au moins devons-nous lui faire entrevoir les fruits qu'il en pourra retirer, l'avertir de ne les pas négliger.

La Serrurie est de tous les arts en fer celui qui nous présente ce métal sous plus de formes différentes, & propres à plus d'usages différents; mais elle n'ose même entreprendre de le façonner jusqu'à un certain point, surtout pour de grands ouvrages. Nous avons déjà dit que les grilles, les balcons, les rampes d'escalier sont d'un travail médiocre; y veut-on des feuillages, des fleurons? tout cela n'est exécuté qu'avec une tolérance. Veut-on en ornements quelque chose de plus massif? on a recours au cuivre, & c'est au grand regret des Serruriers, toujours très-fâchés d'abandonner leur métal favori. Quand ils ont fait quelque chose de beau en pur fer, ils croient que la dorure même le gâteroit, ou qu'elle le feroit passer pour être de cuivre: car ce qu'il y a de doré dans la plupart des grandes grilles d'Eglise, n'est presque jamais que ce qui a été rapporté en cuivre. Dès qu'on aura fait faire des modèles de grilles, de balcons, des fleurons qui y doivent entrer, on multipliera autant qu'on voudra les ouvrages de ce genre; ceux qui ont des modèles de fleurons qu'ils font jeter en cuivre ont déjà une avance.

Les modèles des grilles, balcons, rampes coûteront, mais ne coûteront pas autant qu'on se l'imagineroit. Ces ouvrages sont composés d'un

nombre borné de pieces qui se reperent ; on n'aura qu'à faire faire un modelle de chacune de ces pieces, qu'on assemblera après qu'elles auront été adoucies ; les balcons par exemple ne sont qu'un assemblage de panneaux repetés , & il n'entre dans chaque panneau qu'un petit nombre de pieces differentes. On pourroit jeter un panneau entier en moule, mais il seroit plus difficile à mouler, il s'y trouveroit plus souvent des defauts ; il demanderoit de plus grands fourneaux , pour être recuit ; il suffira de le mouler par parties. On en pourra faire les principaux montants en balustres, ou de quelqu'autre figure recherchée, au lieu qu'ils sont faits aujourd'hui de barres unies. Les chapiteaux des pilastres ou des colonnes, leurs bases qui aujourd'hui sont quelquefois de cuivre, ou qui sont trop minces en fer, pourront être jettées en moule avec toute l'épaisseur convenable.

Les pieces massives, qui entreront dans les ouvrages de cette espece, ont assés de solidité d'elles-mêmes ; elles n'ont pas besoin de prendre du corps par l'adoucissement ; c'en sera assés de mettre leurs premieres couches en état d'être usées par la lime, & coupées par le ciseau. Si on avoit besoin de les percer, il faudroit les adoucir davantage, mais on abbregera le temps du recuit, si on fait reserver les trous dans le moule. Si ces trous doivent être en écrouës, ceux qu'on aura reservé pourront être taraudés, quoique la piece n'ait pas été adoucie jusqu'au centre ; une partie de l'épaisseur qui

environne le trou l'aura été. Deux autres especes d'ouvrages vont encore nous donner idée d'une façon de menager sur la durée du recuit.

Les marteaux ou boucles des portes cocheres, & autres, sont aujourd'hui presque sans ornemens, & coûtent autant, que coûteront des marteaux de fer fondu très-ornés. L'endroit qui doit faire partie de la charniere, est un de ceux qui fatigue le plus & qui doit être percé; pour s'exempter d'une durée de recuit que le corps du heurtoir ne demande

* Pl. 17. fig.

2. AA.

* B C C.

pas; dans cet endroit *, je fais mettre dans le moule une piece de fer forgé *, de figure, grandeur & épaisseur convenables; quand la fonte est jetée en moule, elle enveloppe une partie du fer forgé, elle s'y applique exactement: la piece de fer forgé est alors aussi solidement unie avec la fonte, qu'elle le seroit, si elle étoit de fonte même, & a l'avantage de se laisser percer sans avoir besoin du recuit.

Des feux pour les cheminées seroient encore des ouvrages très-chers, s'ils étoient ornés jusques à un certain point, il y en a à Paris d'un grand prix; on les fera à bon marché comme le reste. Mais si j'en parle actuellement, c'est principalement pour faire remarquer que j'en ai fait recuire qui avoient été jetés en moule, avec une précaution qu'il est bon de ne pas ignorer. La tige du feu s'assemble avec la base à vis & à écrouë; le bout de la tige doit porter cette vis; on avoit mis dans le moule une piece de fer forgé, taillée en vis par le bout; cela n'encherit en rien la façon.

* Fig. 5. L.

& est de la besogne épargnée pour le recuit.

Des deux faits precedents nous passerons à une remarque generale , & utile pour quantité d'ouvrages de fer fondu ; c'est que si on a à jeter en moule de grosses pieces , & que ces grosses pieces aient besoin d'avoir du corps , qu'elles soient exposées à fatiguer , & qu'on ne veuille pas s'engager aux frais de longs recuits ; il n'y a qu'à faire placer dans le moule des pieces de fer forgé proportionnées à la grosseur de l'ouvrage , & à la force qu'on souhaite lui donner. On n'y mettra si l'on veut qu'un fil de fer gros comme le doigt , & si on le veut on y placera une barre de fer ; le fer fondu se réunira bien avec le fer forgé , ils feront corps ensemble.

Au reste ceci n'est pas une pratique particuliere pour nos ouvrages de fer fondu ; les Fondeurs y ont recours pour quantité d'ouvrages de cuivre , qui seroient trop cassants , s'ils n'étoient soutenus par le fer. Les grandes boucles des souspentes des carosses sont souvent fourrées de fer. Dans les grandes Statuës de bronze , il entre quelquefois des milliers de fer pour donner de la solidité à toute la masse. Les Aigles des Pupitres , & autres pieces pareilles doivent grande partie de leur solidité au fer.

N'oublions pourtant pas un avertissement important ; sçavoir , que les parties des pieces de fer forgé , introduites dans les ouvrages fondus , qui sortiront en dehors , comme les branches des crans

* Pl. 17. fig.
2.

pons des marreaux*, que ces parties dis - je qui sont de fer forgé, pourroient dans un long recuit devenir cassantes, & plus cassantes même que le fer fondu; les remarques, par lesquelles nous avons fini le memoire precedent, le font prévoir; le fer trop recuit se deseché. Pour aller au-devant de cet inconvenient, on aura soin d'entourer ces parties de matieres qui puissent fournir plus de parties huileuses, que notre composition propre à adoucir. Le charbon en poudre fera cet effet; on en couvrira tout ce qui sera de pur fer forgé. Qu'on mouille un peu ces pieces, & qu'après les avoir mouillées, on les trempe dans la poudre de charbon, elles en prendront assez pour se défendre contre l'effet du recuit. Pour mieux leur conserver même cette poudre on peut la recouvrir d'une couche de terre sablonneuse détrempée à consistance de pâte, ou de sable à mouler. On peut encore arranger ces pieces comme les autres dans le fourneau, & lorsqu'elles seront en place, mettre de la poudre de charbon tout au tour de ce qui est de fer forgé.

Mais pour revenir à nos ouvrages de Serrurie, les cages des ferrures, ou en termes de l'art les *palastres*, même dans les plus superbes appartements sont simples, unis; si on leur veut quelque beauté, on est contraint de les faire de cuivre, quoiqu'il soit toujours desagréable de toucher ce métal: on fera en fer fondu les *palastres* les plus ornés, & les plus recherchés.

Platines , targettes , verroux , fiches , en un mot toutes les ferrures qui n'ont point à fatiguer , pourront être du plus grand goût , & ne coûteront guere davantage que les unies coûtent aujourd'hui. Les clefs telles que nous en faisons à présent venir d'Angleterre se feront à peu de frais ; on en jettera en moule dont les panetons seront pleins * , & on entaillera ensuite ces panetons * Pl. 17. fig. 7. O. selon la figure de la garniture à laquelle on aura envie de les faire servir *. Ce sont des ouvrages * Fig. 8. qui demanderont à être très-bien adoucis , afin qu'il reste du corps au paneton , & qu'on puisse percer la tige. Je ne puis m'empêcher de parler ici d'une objection qui m'a été faite , elle prouve au moins qu'il n'est rien qu'on ne puisse attaquer , par quelque endroit , & cela d'autant plus que l'envie de contester n'a eu aucune part à cette objection. Des Magistrats , éclairés d'ailleurs , ont regardé comme une fort mauvaise chose le moyen de jeter une clef en moule , que ce doit être une invention pernicieuse ; peu au fait de la pratique des arts , ils avoient peine à comprendre qu'il seroit plus facile , à qui voudroit faire mauvais usage d'une clef , d'en faire forger une , que de la faire mouler en fer ; qu'immédiatement après qu'elle seroit forgée on pourroit y fendre les rouers , ou autres garnitures , au lieu que pour recevoir celles de fer fondu , il faut du temps & de l'appareil ; qu'en moins d'une demie heure , on peut forger grossièrement une clef avec son paneton ; que d'ailleurs

jusqu'ici on en a pû fondre en cuivre qui ouvriroient bien , & les filoux , que je sçache , n'ont pas eu encore recours à cet expedient.

Nous placerons encore ici un avertissement qui regarde plusieurs ouvrages. Quand il sera arrivé quelque accident léger à une piece qu'on aura moulée avec peine , si elle a quelqu'endroit * où la matiere n'ait pas bien rempli le moule , on la limera , ciselera , en un mot on la reparera , sans s'embarasser de ce défaut ; on y apportera remede en faisant ensuite , en fer forgé , une petite piece * semblable à celle qui auroit dû venir en fonte. On laissera une queue à cette petite piece , qu'on taillera en vis * , & on percera une écrouë dans la place où elle doit être rapportée ; si cela est exécuté avec adresse , on ne reconnoîtra pas l'endroit où la piece a été ajoutée.

Il y a encore une autre maniere de remedier aux défauts des endroits mal venus dans le moule. Ils ne pêchent jamais par trop de matiere , c'est toujours par trop peu ; il y peut rester des creux à remplir , des soufflures ; on coulera dans les creux * quelques gouttes de fer fondu. Mais afin que la fonte qui aura été coulée s'attache parfaitement au reste , qu'elle y fasse corps , on chauffera le plus chauds qu'on pourra les endroits dans lesquels on la veut jetter. On recouvrira de terre les endroits qui sont proches de ces derniers , ceux où on ne veut pas qu'elle s'attache.

Les Fourbisseurs feront jetter en moule des gardes

* Pl. 17. fig.

4. E.

* F. G.

* G.

* Fig. 4. H.

des d'épées , & ils pourront finir en quelques jours des ouvrages , qui les tenoient plusieurs mois ; ils ont déjà leurs modèles ; il ne leur en faudra pas d'autres que ceux qu'ils font mouler en cuivre , ou en argent. A la vérité ces épées n'approcheront plus du prix de celles d'or massif , comme elles ont fait ci devant , mais on en débitera davantage. On adoucira de reste les gardes & les pommeaux , mais il faudra réitérer les recuits des branches , qui étant longues & minces , seroient plus exposées à se casser.

Les boucles de ceintures , de souliers , les étuis , les clefs de montre , les crochets de montre , & une infinité de colifichets n'occuperont plus , comme ils ont fait , des Ouvriers pendant autant de temps , que les plus grands ouvrages ; qu'on en ait les modèles , & on sera en état de les faire promptement.

Les rouës des Diamentaires ; les rouës à aplatisir , ou à écacher , les fils d'or , & d'argent pourront être faites de fer fondu ; ce sont des ouvrages chers.

Je crois que l'Epronnerie y trouvera aussi des avantages , les branches de la plupart des brides , fatiguent peu , & pourront être fonduës , ce sont des plus difficiles ouvrages de la forge. J'en ai fait faire qui ont bien reussi. Si on est tenté d'y faire jeter des ornements , on n'aura qu'à les demander ; on sera maître d'en placer par tout : les filets réussiront encore mieux.

Un Art à qui notre adoucissement du fer doit épargner bien du temps, & qui s'en trouvera en état de faire les plus beaux ouvrages, est l'Arcbuserie; les platines de fusils seront excellentes de fer fondu; j'en ai fait fondre plusieurs pour épreuve. On les laissera unies, ou on les chargera d'ornemens, ce sera à la volonté de l'Ouvrier; mais si on les orne, ce ne sera plus ni si mesquinement, ni si cherement qu'aujourd'hui. Au lieu de quelques legeres figures en creux qu'ont à present les plus finies, on pourra leur donner des ornemens en relief, dans le goût de ceux des plus belles gardes d'épées; & si on y en veut de creux, on les fera semblables à ceux des plus beaux cachets. Je ne voudrois pourtant pas, que les chiens & les batteries fussent faites de fer fondu, j'en dirai la raison dans la suite. Mais la plaque de *couche*, la piece qui recouvre le bout de la crosse, en peut être faite autant qu'aucune autre piece. Et de même les porte-vis, les porte baguettes, les ornemens qu'on met auprès des vis qui arrêtent la platine. Si on fait les sousgachettes de fer fondu, il faudra considérablement les adoucir, comme toutes les pieces qui sont grandes & minces. En un mot ce peut être un objet d'épargne, bien considérable pour les Arsenaux de Sa Majesté. On a proposé une idée tres ingenieuse & tres-utile, c'est de faire toutes les pieces des fusils des troupes de même calibre. Un fusil dont le canon est crevé, devient inutile, parce que sa platine ou les pieces de sa *platine*, ne peuvent pas s'ajuster à un autre

fusil ; mais dès que toutes les pieces seront de même calibre , celles des uns pourront être remises aux autres ; quelques pieces cassées ne rendront plus toutes les autres inutiles ; ce qui restera du fusil le plus délabré servira à en raccommoder un autre.

Avec le temps , le Roi tirera peut-être un avantage plus important de ce nouvel Art. C'est par rapport à son artillerie , & sur tout par rapport à celle de Mer. Je ne rapporterai pas sur ce sujet autant d'experiences que je souhaiterois : je n'ai point été à portée de faire sur les canons , celles que j'aurois voulu tenter , mais il ne me paroît pas y avoir lieu d'apprehender que les experiences démentent ce que notre Art semble promettre sur cet article. On ne fait que de deux sortes de canons , les uns sont de cuivre rouge avec un mélange d'étain & de zin &c. c'est ce qu'on nomme simplement des canons de fonte ; on les appelle aussi des canons de bronze , & nous les y appellerons toujours ici pour éviter l'équivoque de la fonte de fer. Les autres canons sont de fer fondu , de matiere pareille à celle des contrecœurs de cheminées , de fontes grises. On les appelle simplement des canons de fer ; les uns & les autres ont leurs défauts. On a fait bien des tentatives , pour avoir des canons d'une troisième espece , exempte des imperfections des deux précédentes. On a cherché les moyens de les fabriquer de fer forgé ; c'est de toutes les matieres que nous connoissons la plus capable de résister aux grands efforts , & la plus

puissante résistance n'est pas trop forte pour tenir contre l'impetuofité de la poudre. Le fer forgé est incomparablement plus en état de résister que ne le sont les fontes de cuivre; des canons de fer forgé, plus légers, feroient plus forts. On en est même contraint par une raison particulière d'affoiblir la force que le cuivre pourroit opposer à la dilatation de la poudre: l'ame d'un canon doit conserver son diamètre, sa rondeur uniforme; si le cuivre étoit pur, il n'auroit pas assez de dureté pour résister au trainement du boulet; on est donc obligé de l'allier avec l'étain & le zin, ce qui le rend plus dur, mais en même temps plus cassant: on le met en état de résister mieux au trainement du boulet & moins en état de résister à l'effort de la poudre. D'ailleurs les lumieres s'en agrandissent plus aisément; autre inconvenient tres-considerable:

Les canons de bronze sont pourtant encore preferables aux canons de fer fondu. La matiere de ces derniers résiste plus au trainement du boulet, mais elle est cassante, & de là naissent deux inconvenients considerables 1°. Pour les rendre aussi forts que les canons de bronze, on est obligé de leur donner plus de poids qu'à des canons de bronze de même calibre. 2°. Quand ces canons crevent, ils ne s'entr'ouvrent pas simplement comme les canons de bronze, leur matiere plus roide s'en va en éclats qui tuent des canoniers, & répandent la terreur parmi ceux qui restent; un canon une fois crevé, on ne charge plus les autres avec la

charge ordinaire, les coups qu'on tire ensuite ne font plus d'effet; les combats de Mer ont souvent changé de face par un pareil accident.

S'il étoit possible de parvenir, sans de trop grandes dépenses, à forger des canons de fer, ils seroient sans doute incomparablement meilleurs que les autres, ils résisteroient mieux à l'effort de la poudre, & au trainement du boulet; étant plus forts ils ne demanderoient pas à être si épais. On a fait beaucoup de tentatives pour y parvenir, qui n'ont pas encore eu beaucoup de succès; elles ont même ruiné un homme, qui avoit du bien & du génie; on ne laisse pas d'en faire de nouvelles journellement; il est à souhaiter qu'elles soient plus heureuses, & après tout, il n'y a pas à désespérer.

Quoiqu'il en soit, on s'en tient à présent aux canons de bronze & aux canons de fer: l'artillerie de terre est de bronze, mais la plus grande partie de l'artillerie de Mer, tant celle des vaisseaux du Roi, que celle des vaisseaux Marchands, est de fer; il en coûteroit des sommes trop considérables pour l'avoir de bronze. Les vaisseaux cependant sont accablés sous le poids de leurs canons, & c'est sur tout ce qui désole nos Négociants en temps de guerre; ils seroient fort contents, s'ils pouvoient ne charger leurs vaisseaux que de canons de bronze.

Ce qu'ils trouvent de défavantageux dans cette augmentation de charge, n'est pas seulement de

ce qu'elle tient la place d'un poids égal de marchandises. J'ai ouï dire à des Negociants sensés qu'elle ruine leurs vaisseaux, qu'elle contribué beaucoup à les faire entr'ouvrir. Le vaisseau n'en est pas fatigué tant qu'il va vent arriere ; mais dès qu'il a le vent de côté, il est clair que le poids des canons, porté par une des moitiés, du vaisseau, tend à la séparer de l'autre ; la position de ce poids est cause que son effort est plus puissant qu'il ne le seroit, placé par tout ailleurs.

Il paroît incontestable, qu'au moyen de notre nouvel Art on rendra les canons de fer fondu meilleurs qu'ils ne le sont aujourd'hui ; le fer adouci fera certainement moins cassant ; mais le grand objet sera de sçavoir si on peut les amener au point de ne crever plus par éclats lorsqu'ils seront adoucis. Je sçai qu'on ne peut pas attendre ce bon effet de toutes sortes de fontes adoucies ; j'en ai même fait une sorte d'épreuve ; au lieu des grands canons j'ai fait jetter en moule un canon de pistolet ; je l'ai fait très-bien adoucir, je l'ai rendu très-limable ; je l'ai chargé beaucoup plus qu'il ne devoit l'être naturellement, sans qu'il se soit crevé ; enfin l'ayant chargé encore davantage, l'ayant presque rempli de poudre, il s'est crevé, & le mal est qu'il s'est crevé par éclats. Je ne crois pourtant pas que cette experience doive faire désespérer de parvenir à faire des canons de fer fondu qui en crevant s'entr'ouvriront comme ceux de bronze. La fonte de ce canon de pistolet avoit été prise au hazard ;

& j'ai averti qu'il y a des fontes qui donnent des fers adoucis incomparablement plus flexibles que d'autres fontes ne les donnent ; il faut donc essayer les différentes fontes ; & si on veut commencer à faire les essais sur des canons de pistolet , ils ne seront pas chers , & suffiront pour conduire à des épreuves plus considérables.

Pour amener des pièces de fer fondu aussi épaisses que le sont des canons au degré de souplesse nécessaire , il faudra leur donner de longs recuits avec nos poudres ; mais la durée des recuits n'ira pas aussi loin qu'on pourroit se l'imaginer. Il y a des endroits où on est déjà en usage de recuire pendant plusieurs jours les canons de fer ; après qu'ils ont été tirés des moules , on les entoure immédiatement de charbons allumés , ce qui produit peu d'effet. La durée de nos recuits ne sera peut-être pas beaucoup plus longue ; nous avons vu que des pièces épaisses de plus d'un pouce n'en demandent que trois jours au plus ; le nombre des jours augmentera en plus grand rapport , que l'épaisseur ; mais selon les apparences , il n'ira pas bien loin , & ces frais ne sauraient entrer en comparaison avec les avantages qu'on en retirera.

D'ailleurs on fera ces recuits bien plus hardiment que pour les menus ouvrages ; on ne craindra pas de faire fondre des pièces si épaisses , les écailles ne seront pas non plus au rang des inconvenients à appréhender. Une des difficultés sera d'avoir des fourneaux convenables ; on pour-

roit en employer de semblables à ceux dont nous avons fait usage jusqu'ici , avec la difference du petit au grand , & surtout du bas au haut. Qu'on imagine les creusets distribués , comme nous les avons distribués , & que celui du milieu a assés de profondeur pour recevoir un canon placé de bout , & assés de longueur pour en contenir plusieurs arrangés de file. Enfin cette matiere est assés importante pour qu'on fit des experiences , dont les frais n'iroient pas bien loin. On pourroit aussi bâtir des especes de tours , faire des especes de chappes plus grandes , mais semblables à celles dans lesquelles on moule les canons.

Comme nous n'aurions point ici à apprehender les écailles , des creusets parfaitement clos pourroient n'être pas si nécessaires.

Nous avons vû qu'on peut augmenter la force des ouvrages de fer fondu , en les fourant de fer forgé. Cet expedient ne nous fourniroit-il point le moyeu de faire des canons de fer , qui auroient toutes les perfections qu'on leur voudroit ? qu'on assemblât des barres de fer , liées de distance en distance par des frettes de fer ; peut-être suffiroit-il de faire cet assemblage , avec des rivets , & dans ce cas , il ne seroit pas un ouvrage long. Ce bâtis de fer formeroit une espece de noyau , qu'on recouvriroit par dehors & par dedans de fer fondu. M. de Villons , après toutes ses tentatives sur les canons de fer forgé , avoit pensé qu'on ne pourroit sans des frais trop grands , leur donner leur
forme

forme en entier , si on les faisoit de ce metal , il avoit pensé d'en composer l'interieur de fer forgé qu'on revêtiroit par dehors de fonte de cuivre.

Après avoir parcouru les usages qu'on peut faire de notre fer fondu , dans le grand , dans le beau , & même dans le terrible , nous allons le considerer par rapport à des usages moins nobles , voir l'utilité dont il peut être dans les cuisines. J'avouerai pourtant que ce n'est pas le côté par où il me paroît qu'on en doive faire moins de cas. Dans le fond il vaut mieux perfectionner les ustensiles , qui y sont propres , que les armes meurtrieres ; cette façon de penser n'est pas la plus élevée ; elle est au moins la plus humaine , & peut-être la plus sensée. On peut espérer de faire par la suite presque toute la Batterie de cuisine de fer fondu , chaudrons , marmites , poêles à confitures , casseroles , bassinoires , &c. Le Royaume , dont on neglige les mines de cuivre , épargneroit par là bien de l'argent qu'il fait sortir pour se fournir de ce métal. On a depuis long - temps des marmites & des chaudrons de fer fondu ; on ne s'en sert guere qu'aux Villages & en quelques petites Villes , & c'est pour épargner des vases de cuivre. Trois raisons ont empêché que les ustensiles de fer fondu de cette espee ne devinssent d'un usage plus general. 1^o. Ils ont toujours un air mal-propre , comme ils sont raboteux tant interieurement , qu'exterieurement , il n'est pas aisé de les nettoyer. 2^o. Ils sont plus épais que ceux de cuivre forgé , &

par-là plus difficiles à échauffer. 3°. Enfin ils se cassent aisément ; ils seroient mal entre les mains des Cuifiniers ; ils demandent à être menagés , on ne peut qu'avec risque les frapper rudement ; sans cela une marmite , un chaudron de fer fondu seroient presque des vases éternels ; le feu ne les brûle point comme ceux de cuivre. Notre nouvel Art leve ces trois difficultés : on moule aujourd'hui ces vases moins minces qu'on ne le pourroit , afin qu'ils soient plus en état de résister aux chocs ; si cependant on ne trouve pas ceux qu'on fera mouler par la suite , assés minces au sortir du moule , on achevera le reste , après qu'ils auront été adoucis : on les travaillera sur le tour , comme on travaille les chaudrons de cuivre , on les rendra aussi minces qu'il sera nécessaire , pour qu'ils s'échauffent promptement. Enfin nos recuits les rendant moins cassants , ils remedient à la principale difficulté qui en a arrêté l'usage. Je n'ose esperer qu'ils leur donneront toute la souplesse du cuivre , mais ils leur en donneront assés , pour qu'ils ne se cassent point , quand on aura une attention mediocre à les ménager. Il y a actuellement bien des maisons aisées , où l'on se sert de marmites d'une fonte de cuivre composé ; elles sont épaissés & cassantes , & cependant elles coûtent fort cher. L'avantage qui compense ces deux défauts , est qu'elles ne demandent pas à être étamées.

Aussi n'y a-t-il que la nécessité qui ait pû forcer à

avoir recours au cuivre ordinaire, malgré son odeur desagréable, & malgré la nature de la rouille à laquelle il est sujet, qui est un dangereux poison. On a à la vérité très-bien imaginé d'étamer les vases de ce metal, pour les préserver du vert de gris, & pour les empêcher de communiquer leur mauvaise odeur à ce qu'on y fait cuire, & qu'on y laisse refroidir. La rouille du fer n'est point à craindre, & est peu considerable dans les vaisseaux de fer fondu. Au rapport des Menageres, ces vases ne donnent aucun goût à ce qui a cuit dedans; elles assurent que la soupe est excellente dans les marmites de fer fondu. Mais enfin si on veut encore les défendre contre la rouille, rien n'empêchera qu'on ne les étame, comme les Serruriers étament les serrures, les targettes, les verroux; comme les Epronniers étament les branches & les mords de brides; & comme on étame les feuilles de fer. Je ne parle qu'après l'expérience. J'ai fait étamer par des Epronniers des marmites de fer fondu, qui ont très-bien pris l'étain.

L'usage de tout ce qu'on nomme Batterie de cuisine, est si grand & si general, que je n'hésite point à regarder cet objet comme un des plus importants de notre Art. C'est beaucoup que de faire de plus belles grilles, de plus beaux balcons, de plus belles serrures, de faire en general des ouvrages plus recherchés, plus ornés; on pourroit pourtant douter s'il y a à gagner pour le genre humain, en multipliant jusqu'à un cer-

rain point, ce que nous appellons beau, & qui est simplement beau. Si on avoit le secret de bâtir des Palais à aussi peu de frais, & aussi promptement que des chaumières; si les petites maisons étoient soudainement changées en superbes Edifices, nous serions frappés de la nouveauté du spectacle; mais bientôt il eût autant valu que nos maisons ordinaires eussent subsisté. Nous considérerions avec moins de plaisir & d'attention les Tableaux des grands Maîtres; si les Barbouilleurs avoient trouvé le secret d'en faire de pareils. Nous ne sçavons juger que par comparaison, de ce que nous appellons beau; mais en tout temps nous pouvons juger de ce qui a un rapport direct avec nos besoins, de ce qui est bon; nous avons toujours avec quoi le comparer.

Ne s'inquietera-t-on point, car on est quelquefois étonnamment humain, quand il s'agit de faire des objections, ne s'inquietera-t-on point dis-je de ce que deviendroient tant de Chaudronniers, si la batterie de cuisine se faisoit de fer pour la plus grande partie? J'ai vû un grand Magistrat s'opposer au privilege demandé pour une nouvelle Machine, par une raison de cette espece; je répondrai ici ce que je lui répondis pour celui qui sollicitoit un juste privilege, que si on eût toujours eu une pareille sensibilité, nous n'aurions ni moulins à vent, ni à eau, ni à chevaux. Le bled étoit pilé à bras dans des mortiers, avant qu'on scût l'écraser sous des meules mûes par des

chevaux ; combien cela occupoit-il de gens ! les moulins à eau , au grand avantage du genre humain , ont restraint l'usage des moulins à bras , & à chevaux , au cas de nécessité : l'invention des moulins à vent , assés recente , supplée aux moulins à eau , qu'on ne peut construire par tout. Je ne crois pas aussi , pour revenir à nos Chaudronniers , qu'il y eût beaucoup de gens qui voulussent charitablement leur acheter des ustensiles de cuivre , uniquement pour les faire vivre , si ceux de fer étoient meilleurs , & à meilleur marché. Mais qu'on ne s'inquiete point , on leur trouvera de l'occupation de reste , ils travaillent déjà en fer , ils font des rechauts & d'autres petits ouvrages ; ils s'exerceront davantage à travailler ce métal , ils le repareront , tourneront , &c.

S'il étoit possible de faire en fer forgé tous les ustensiles de cuisine , qu'on fait en cuivre , il n'y a pas lieu de croire qu'on y eût employé ce dernier metal. Si l'art y eût pû parvenir , on feroit des marmites , des casseroles , des chaudrons de fer battu , comme on en fait des poëles à frire. Mais le fer n'a pas une souplesse qui lui permette de se laisser contourner autant qu'il est nécessaire ; & ce qui lui manque sur tout c'est de se laisser *retraindre* ; c'est cette dernière qualité qui donne le moyen de faire au marteau des vases de plomb , de cuivre , d'or & d'argent. On forge de fer une poêle à frire , parce que les bords de la poêle sont plus évafés que son fond. Si on avoit une pareille

poêle faite de cuivre ou d'argent, on pourroit la changer en un vase de quelle forme on le voudroit; en frappant sur ses bords par dehors, on les retreciroit de façon qu'ils laisseroient une ouverture beaucoup plus étroite que le fond d'où ils partent, c'est ce qu'on appelle retraindre; mais il n'y a pas moyen de retraindre ainsi le fer. J'ai ouï parler d'un Ouvrier, qui avoit eu l'adresse de faire de fer forgé une espece de bouteille à long col, qui étoit parvenu à le retraindre à ce point. Mais ce n'avoit pû être qu'après beaucoup de temps, après un nombre prodigieux de chaudes, & un pareil ouvrage en fer, étoit devenu plus cher par la façon, que s'il eût été d'argent, & peut-être d'or.

On fait à la verité des vases de fer plus étroits par en haut que par en bas; tels sont nos caffetieres. Mais on sçait que le fer de ces sortes de vases n'a pas été retraint; il est quelquefois de différentes pieces, dont les bouts repliés les uns sur les autres sont retenus seulement par de la soudure; ce qui est cause qu'on n'oseroit les exposer au feu, que quand ils sont pleins d'eau qui empêche le vase de prendre le degré de chaleur qui feroit fondre la soudure.

On pourra avec le fer fondu faire à l'avenir des poeles dignes d'échauffer les appartements, où ils trouvent place dans le Royaume depuis quelques années.

Les grands vases à fleurs, dont on pare les Par-

terres, auront en fer, les formes les plus gracieuses, comme en bronze, & pourront être aussi bien réparés. Enfin on pourra mouler en fer une infinité de statues, de bustes. Le petit cheval de fer fondu qui est dans le cabinet de Sa Majesté à Versailles, ne sera plus au nombre des ouvrages rares par leur matière. S'il y a quelque chose à quoi le fer fondu convienne, c'est certainement aux ouvrages qui ne sont faits que pour être exposés en vûe, & qui n'ont point à fatiguer.

On fait en cuivre ou en potin des flambeaux, & une infinité d'autres ustensiles, qui pourront aussi être faits de fer fondu.

Voudra-t-on dorer, ou argenter nos ouvrages de fer fondu, on n'y trouvera nul obstacle; ils se doront & argenteront, comme le cuivre; ils auront aussi, comme le fer, leur espèce de dorure particulière; on pourra les dorer d'or damasquiné, comme on dore les fusils & les gardes d'épées. Des feux, des flambeaux, des bras, des lustres de fer fondu, à qui on feroit prendre le violet, & sur lesquels on jetteroient ensuite de légers ornements d'or damasquiné, feroient de magnifiques ouvrages, & d'un grand goût.

On peut tirer parti de tout, les inconveniens même qui s'opposent aux recherches qu'on se proposoit, peuvent souvent tourner à profit. C'en a été un pour les premiers ouvrages que nous avons tenté d'adoucir, que de les voir exposés à s'écailler. Mais cet inconvenient n'est pas général.

pour tous. On employera hardiment la poudre d'os seule pour les ouvrages unis, ou pour ceux dont les ornemens ne sont pas delicats; l'adouccissement en sera plus prompt. Il y a même des ouvrages unis qu'on doit chercher à faire écailler, ce sont ceux qui sortent du moule plus épais, qu'on ne les voudroit; les marmites, les casseroles sont de cette espece: si ces vases ne sont pas sortis du moule, assés minces, tout ce qui sera détaché par les écailles, fera autant de gagné sur ce dont il faudroit les user, soit à la lime, soit sur le tour.

J'ai donc fait des experiences, où non seulement j'ai employé, à dessein, la poudre d'os seule; je me suis même servi de glaise, de chaux ordinaire, & de gyps calciné. La chaux seule fait beaucoup plus d'effet que la glaise. Le gyps seul en produit trop, il pourroit creuser. Mais pour moderer son activité, je n'ai entouré l'ouvrage que d'une couche mince de cette poudre, & j'ai rempli le reste du creuset de poudre d'os à l'ordinaire. Alors les écailles n'ont eu qu'une épaisseur convenable; elles deviendront plus ou moins épaisses selon que la couche de gyps ou de plâtre fin, qui entourera l'ouvrage, sera plus ou moins épaisse, & aussi selon la durée du feu. Mais il faut faire en sorte que les ouvrages qu'on fera écailler, chauffent également, sans quoi les écailles se trouveroient d'épaisseurs trop inégales.

Je rapporterai, à l'occasion du gyps, une experience
rience

rience qui ne fait pourtant rien au fond de notre art, c'est que lorsque j'ai débouché & renversé les petits creusets dans lesquels j'avois mis de cette poudre seule autour du fer fondu, avant d'avoir donné le temps à la fonte de se refroidir entièrement, mais pendant qu'elle n'étoit que d'un rouge très-brun, très-foncé; dans ces circonstances, dis-je, j'ai vû des flâmes s'élever de plus de vingt endroits de cette poudre, elles avoient la couleur de celle du soufre commun. Le fer fondu qui a été entouré de gyps a aussi toujours pris une odeur de soufre insupportable. Une autre remarque, c'est qu'il m'a paru que le gyps fait beaucoup plus écailler les fontes blanches, que les fontes grises, & qu'il fait plus écailler & plus promptement le fer forgé, que le fer fondu.

Nous avons parcouru jusques ici les principaux usages qu'on peut faire de notre nouvel Art, nous ne devons pas être moins attentifs à arrêter les espérances trop avantageuses qu'on en pourroit concevoir; nous en avons senti la nécessité depuis que nous avons eu donné les fondemens de cet Art dans l'Assemblée publique de l'Académie du mois de Novemb. 1721. Nous avons été obligés plus de fois à faire rabattre de ce qu'on s'en promettrait de trop, qu'à répondre aux difficultés qu'on auroit pû former contre divers ouvrages de ce fer. A entendre certaines gens, il falloit abandonner tout le travail de la forge; ils auroient voulu qu'on eût tout jetté en moule, jusqu'aux ouvra-

ges les plus simples, & je crois, jusques aux barres de fer. On veut qu'une decouverte serve à tout, & par là souvent on la rend inutile. Il y a tel remède qui est à present ignoré, qui seroit encore en grande reputation, & qui meriteroit d'y être, si on se fût tenu à en faire usage dans les cas où il avoit réussi d'abord, si on n'eût pas voulu l'étendre à toutes les maladies. Afin qu'on ne fasse point d'aussi mauvais emplois de nos fers fondus, nous avertirons avec grand soin, qu'ils ne doivent jamais être la matiere des ouvrages qui demandent à être d'un fer très-doux, très-pliant. Ce seroit en abuser que d'en faire, par exemple, des canons de fusil, puisqu'il y a même quantité de fers en barres, qui n'y sont pas propres. Je ne sçai si le chien du fusil, qui frappe avec une percussion très-promp-
 te, peut même être fait de fer fondu. Les ouvrages de fer qui ont beaucoup à fatiguer, doivent en general être faits du fer le plus doux, par consequent le fer fondu ne leur convient point. Tous les ouvrages grands & très-minces, dès qu'ils auront quelque chose à soutenir, ne doivent point être de fer fondu.

D'ailleurs on ne doit chercher à faire de ce fer que des ouvrages dont le travail est long à la lime & au marteau; tout ce qui ne demande pas de longues façons, doit se faire de fer forgé. Nous avons dit qu'on seroit de fer fondu des clefs chargées d'ornemens, ce seroit mouler pour peu de profit, & courir risque de faire de moins bons

ouvrages que de faire de fer fondu des clefs ordinaires. Il y a d'autant plus à gagner sur les ouvrages de fer fondu, qu'ils seroient plus longs à finir à la maniere ordinaire, & il en restera aisés de ceux-ci pour que les avantages de notre nouvel Art s'étendent loin. Ce fer pourra être la matiere de bien des especes d'ouvrages que nous n'avons pas indiqués. Peut-être aussi trouvera-t-on des inconveniens à en faire quelques-uns de ceux pour lesquels nous l'avons jugé propre.

Les ouvrages de fer fondu bien moulés, & limés avec soin, ne sçauroient souvent être distingués à la vuë de ceux de fer forgé. Il y a pourtant des circonstances, où quoi qu'ils soient aussi-bons que les autres, il faut pourtant que celui qui veut s'en servir, sçache quelle est leur origine; & ce seroit tromper celui à qui on les vendra, & à sa perte, de les lui vendre pour de fer forgé. Expliquons-nous davantage par un exemple. Si on vend des fiches très chargées d'ornemens à un Serrurier, & même à un particulier, il leur sera facile de reconnoître qu'elles ne sont pas de fer forgé. Mais si on leur vend des fiches unies, & qu'on veuille leur persuader qu'elles sont de fer forgé, quoiqu'elles soient de fer fondu, il peut être malaisé qu'ils le reconnoissent. Ces fiches de fer fondu, une fois mises en place, soutiendront la porte, comme feroient des fiches de fer forgé. Mais pour être mises en place, elles exigent quelquefois des précautions, que n'exigeroient pas les autres. Si

la partie qui est destinée à entrer dans le bois , & besoin d'être redressée , l'Ouvrier qui la croira de fer forgé frappera dessus trop hardiment , peut-être la cassera-t'il ; au lieu que , s'il eût sçu qu'elle étoit de fer fondu , il l'eût frappée à froid à petits coups , ou même il l'eût fait chauffer pour la ménager davantage.

L'avidité de gagner trouve le moyen de faire faire de mauvais usages des meilleures choses. Pour obvier à celui dont nous venons de parler , peut-être seroit-il à propos que tous les ouvrages unis de fer fondu , qui se debiteront dans les grandes villes , fussent marqués pour tels. Les Syndics ou Jurés des Communautés des Serruriers , ou autres Communautés , pourroient être chargés de poser cette marque. Mais ce seroit faire un plus grand mal que celui auquel nous nous proposons de remédier , que de mettre cette marque entre les mains des Traitans ; & si cela arrivoit , nous aurions grand regret à l'avis que nous venons de donner : néantmoins comme c'est une espece de gens qui pensent à tout , pour s'enrichir en vexant le public , sous prétexte d'utilités , souvent imaginaires , ils y auroient apparemment pensé d'eux-mêmes. Heureusement nous vivons sous un regne , où on est peu disposé à recevoir leurs propositions.

Mais pour revenir à nos ouvrages de fer fondu : chaque Ouvrier pourroit avoir chés lui un fourneau , où il adouceroit les ouvrages qui concernent sa profession. Cependant comme il en est

peu qui veüillent , & qui puissent s'écarter de leur travail ordinaire ; qu'il y a même plus de profit pour eux à faire toujours la même chose , il seroit plus avantageux pour le public qu'il y eût des Ouvriers établis qui travaillassent à adoucir les ouvrages de fer pour tous les autres ; qui fussent des *Adoucisseurs* de fer en titre. Si l'Ebeniste , si l'Horloger , le Fourbisseur , le Serrurier , & de même , si divers autres Ouvriers ont besoin de cuire ou d'argent fondus en ouvrages , ils ne fondent pas eux mêmes ces métaux ; il n'y a pas jusques aux Orfevres qui n'aient recours aux Fondeurs ; on leur porte les modelles des pieces qu'on veut avoir , & on sçait combien on doit leur payer la livre des ouvrages moulés. L'Arcbuisier , le Serrurier , le Fourbisseur &c. feroient de même fondre en fer , par des Fondeurs ordinaires , tout ce qu'ils voudroient , & en payeroient la livre sur le pied , dont ils seroient convenus.

Ils porteroient ensuite chés les Adoucisseurs de fer fondu ces mêmes ouvrages , & les leur payeroient plus ou moins cher , selon le degré d'adoucissement qu'ils demandent , soit par rapport à la souplesse , soit par rapport à la couleur , & aussi selon la grosseur des pieces. Il seroit aisé de faire un tarif sur cela , & pour peu qu'il se fasse des établissemens , cette espece de tarif sera bientôt réglé.

Ceux qui n'auront d'autre occupation que d'adoucir , qui en feront leur objet , doivent être munis de fourneaux de différentes grandeurs ;

quand ils n'auront à adouccir que de menus ouvrages, qui veulent être extrêmement adouccis, ils en chargeront de petits fourneaux. Un fourneau, quelque petit qu'il soit, tiendra une grande quantité de gardes d'épées, de platines de fusils, de boucles, & autres menus ouvrages; quelque peu qu'on prenne pour le recuit de chacune de ces pieces, on fera payer assés cher, & le temps, & le feu; avec une voye de bois on recuiroit une prodigieuse quantité d'ouvrages de ces petites especes.

Au reste nous n'avons encore jetté que les fondements d'un Art qui a besoin d'être perfectionné, nous ne l'avons que dégrossi; nous n'avons pas tout tenté, nous n'avons pas tout prévu; des pratiques en grand, souvent réitérées apprendront encore beaucoup. Nous esperons que ceux qui feront des experiences propres à contribuer aux progrès de cet Art, ne les envieront pas au Public; pour nous, nous lui communiquerons certainement ce que nous pourrons découvrir de nouveau sur cette matiere, & ce qui nous reste sur diverses autres matieres qui y ont du rapport, qui nous ont fourni des observations que nous croions devoir être utiles, & qu'on trouvera peut-être assés curieuses.

Explication de la dix-septieme planche.

L La fig. 1. est le marteau, la boucle de la porte cochere de l'Hôtel de la Ferté rue de Richelieu.

La fig. 2. est le même retourné. A A, Sont deux pieces de fer forgé, qui sont partie de la charniere propre à suspendre ce marteau à la porte.

B, C C. Crampon de fer forgé qui a été enchassé dans le moule de ce marteau, les branches C C, sont les parties A A de la fig. 2.

La fig. 3. est un autre marteau de porte cochere; on suppose que le fleuron D, étoit mal venu, & qu'on a été obligé d'y mettre une piece de rapport en fer forgé.

La fig. 4. le marteau de la fig. 2. auquel on suppose quelques defauts à raccommoder. E, Est un trou, où on a percé un écrouë, pour y rapporter un fleuron, qui est celui qui a été marqué D, fig. 3.

F, G. Est le petit fleuron de rapport, fait de fer forgé, dont la queue G, a été taillée en vis.

En H, fig. 4. on suppose qu'il y a eu une soufflure, qu'il y est resté un creux que la fonte n'a pas rempli; & qu'on veut couler de la fonte dans ce trou. I, I, est un petit rebord de terre, qui forme une espee d'entonnoir, & qui couvre les endroits sur lesquels la fonte ne doit pas s'appliquer.

La fig. 5. est une partie d'un feu. L, Est une piece de fer forgé qui entre dans la fig. 3. & qui a été mise dans le moule.

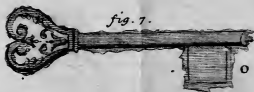
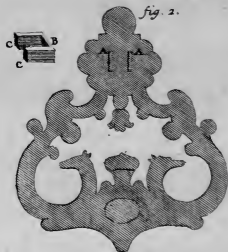
La fig. 6. est une tige de flambeau dont la partie M est aussi de fer forgé, & a été mise au moyen du même expedient dont on s'est servi pour les fig. 5. & 2.

La fig. 7. est une clef de fer fondu telle qu'elle sort du moule.

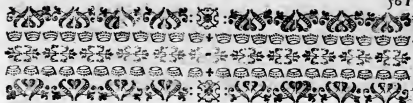
O. Son paneton qui n'est point encore entaillé.

La fig. 8. est la même clef dont on a entaillé le paneton, après qu'il a été adouci.





Echelle d'un pied.



Explication de quelques Termes.

A DOUCIR le fer fondu, ou le fer forgé; diminuer sa dureté, & sa roideur, le rendre plus aisé à limer, plus aisé à couper au ciseau; & le rendre aussi plus flexible.

Bain, état de parfaite fusion dans lequel un métal a été mis. Tout métal devenu bien fluide par la force du feu, est du métal en bain.

Bille d'acier, morceau d'acier forgé quarrément; souvent moins épais que large, & assez court; la longueur des Billes d'acier ne passe guere six à sept pouces.

Bûre d'un soufflet, le bout du soufflet, le tuyau par lequel le vent sort du soufflet.

Chaude, degré de chaleur qu'on fait prendre au fer, ou à l'acier. La chaude n'est que couleur de cerise, quand le fer n'est parvenu dans le feu qu'à la couleur de cerise. La chaude est appelée suante, ou fondante, quand le fer a chauffé au point d'être prêt à tomber par gouttes.

Corroyer un morceau de fer ou d'acier, c'est le re-

plier une ou plusieurs fois sur lui-même, après lui avoir donné une chaude suante, & forcer à coups de marteau, les parties à s'unir avec celles sur lesquelles elles ont été repliées.

Découvrir, se découvrir dans la trempe, prendre, à sa surface, une couleur blanche. De l'acier bien découvert après avoir été trempé, est celui dont la surface est blanche, sur la surface duquel il ne paroît point de crasse, rien de noirâtre.

Egrainer, s'égrainer, se casser par grains, l'acier trempé trop chaud s'égraine aisément.

Etirer le fer, ou acier, l'allonger en le forgeant. On allonge beaucoup plus, qu'on n'élargit le fer qu'on étire.

Etoffe, bille, ou autre morceau d'acier, composé d'aciers de différents degrés de finesse, soudés les uns sur les autres, & dont les plus fins sont les proches du milieu.

Évent, en terme de Fondeur, Canal, Rigole creusée dans le moule, pour donner à l'air la liberté de s'en échapper.

Fenton, verge de fer qui vient d'une barre fendue en plusieurs parties. Cela s'exécute par le moyen de très-belles machines appelées Fendries. Le fenton est employé par les Cloutiers, Vitriers, & divers autres Ouvriers à qui il faut du fer mince.

Fonte de fer, fer fondu qui n'a pas encore été ramené à l'état du fer malleable, ou c'est fer qui ne sauroit soutenir le marteau ni à chaud, ni à froid, & qui est beaucoup plus dur, que le fer forgé.

Gersure de l'acier, fentes, petites crevasses, qui tirent leur nom de leur ressemblance avec les gersures de la terre.

Guenfe, longue piece de fer fondu, de fonte de fer, dont la figure approche de celle d'un prisme à base triangulaire. Il y en a de longues de dix à douze pieds, & qui pesent depuis 12. à 1500. livres jusqu'à deux milliers.

Fer, en terme de Fondeur, est tout canal qui conduit le métal dans les creux du moule; c'est aussi le métal qui s'est moulé dans un pareil canal.

Laitier, matiere vitrifiée, espece de verre qui surnage la fonte de fer qui est en bain. Il y a des laitiers de bien des couleurs différentes; il y en a qui tiennent beaucoup de fer, & d'autres qui n'en ont point, ou très-peu.

Pailles de fer, ou de l'acier, parties mal réunies. Les fentes qui forment des pailles different de celles des gersures, en ce que les gersures ne sont, pour ainsi dire, qu'entailler la barre ou la bille, au lieu que les pailles sont des parties souvent assez gran-

des, presque entierement separées de celles sur lesquelles, elles sont appliquées.

Paquet, en termes de trempe, est une espece de boiste de tole enduite de terre, dans laquelle de l'acier est renfermé & environné de certaines matieres; on fait chauffer l'acier dans ce paquet d'où on le retire pour le tremper.

Quarillon, fer forgé quarrement, aussi épais que large, qui a environ huit à dix lignes sur chaque face.

Recuire, c'est ordinairement chauffer le fer & l'acier dans une autre vûë què celle de les forger après qu'ils auront été chauffés. Souvent on recuit l'acier pour le détremper, pour l'adoucir, & quelquefois pour le rendre plus dur, comme pour les trempes en paquet.

Recuit, maniere de chauffer l'acier ou le fer, à un leger degré de chaleur, quand on les chauffe à la forge; mais à quelque degré de chaleur qu'on les fasse parvenir, quand on les chauffe renfermés dans des creusets, ou autres capacités équivalentes, cette maniere de les chauffer porte toujours le nom de recuit.

Ringard, toute barre de fer, soit droite, soit crochue, avec laquelle on remue les charbons ou le bois enflammé, ou le metal qui chauffe, ou qui est en fusion.

Refouler, se refouler, se laisser applatir, ceder

à la pression. Un ciseau, d'un mauvais acier, refoule quand on lui fait couper du fer à froid, son taillant devient mouffé.

Souder deux morceaux de fer ensemble, ou deux morceaux d'acier, ou un morceau d'acier avec un morceau de fer, c'est obliger deux morceaux à se réunir ensemble parfaitement, à ne composer plus qu'une même piece. Cela s'exécute en frappant sur les deux morceaux qu'on veut réunir, après les avoir chauffés presque fondants. Souder du fer avec du fer n'est point faire leur réunion au moyen de soudure. Quand on se sert de soudure pour les réunir, cette façon s'appelle brazer.

Surchauffer, trop grand degré de chaleur qu'on a donné à l'acier; l'acier surchauffé a perdu une partie de sa qualité.

Tremper l'acier, le refroidir subitement, & pour l'ordinaire en le plongeant rouge dans de l'eau commune froide.

Trempe, signifie tantôt la qualité qu'a prise l'acier trempé, tantôt la matiere dans laquelle il a été trempé; tantôt les préparations qui ont précédé la trempe. L'acier a eu une trempe dure cassante, quand il est devenu dur cassant après avoir été trempé. La trempe à l'eau, la trempe au suif, sont le suif ou l'eau dans laquelle on trempe l'acier. La trempe en paquet, c'est faire

recuire l'acier dans un paquet, avant de le tremper.

Tuyere, court tuyau, en forme de cône tronqué, dans lequel sont logés, à leur aise, le bout, ou la bure du soufflet, ou des soufflers, d'une forge, ou d'un fourneau.

Voiler, se courber, une plaque de terre qui se courbe, qui prend la figure d'une voile.

FIN.

TABLE DES MEMOIRES contenus dans la premiere Partie de ce Volume.

PREMIER MEMOIRE, Où après avoir donné une idée generale des différentes manieres de faire l'Acier, on examine quelles sont les matieres propres à convertir le Fer forgé en Acier, & quels mélanges on doit faire de ces matieres pour le changer dans l'Acier le plus fin, & le meilleur.

Page 1.

II. MEM. Où sont rapportées des observations generales qui conduisent à regler le feu à propos.

43.

III. MEM. Qui apprend à faire les effais en petit.

61.

- IV. MEM. Où l'on donne la construction d'un nouveau fourneau, qu'on croit le plus avantageux de ceux qui peuvent être employés à la conversion du fer en acier, & où l'on fait quelques reflexions generales sur les autres fourneaux. 81.
- V. MEM. Sur la nature des differentes especes des fers considerés par rapport aux dispositions qu'ils ont à être convertis en acier. 153.
- VI. MEM. Qui contient des observations sur les changements sensibles qui se font dans le fer, pendant qu'il est converti en acier; sur les précautions avec lesquelles il faut forger le nouvel acier, & le resultat des frais de la conversion du fer en acier. 173.
- VII. MEM. Où l'on établit le caractère de l'acier, en quoi il differe essentiellement du fer, & cela en suivant les opérations qui changent le fer forgé en acier. 203.
- VIII. MEM. Où par la décomposition de l'acier, on acheve d'établir que sa difference essentielle d'avec le fer consiste en ce qu'il est plus penetré de parties salines & sulfureuses. Et où l'on donne en même temps le moyen de raccommoder la plupart des aciers defectueux. 219.
- IX. MEM. Sur l'analogie qu'il y a entre les procedés au moyen desquels on tire des aciers immédiatement des fontes, & ceux qui changent le fer forgé en acier. Sur une maniere de faire de l'acier de fer forgé, dont nous n'avons point encore parlé; & pourquoi il est plus aisé de porter les aciers de fer forgé au point de perfection où on les veut, que ceux qui viennent des fontes. 237.
- X. MEM. Des manieres de connoître les défauts & les bonnes qualittés de l'acier, & plusieurs vûes pour parvenir à comparer des aciers de differents degrés de perfection. 259.
- XI. MEM. Explication des principaux effets que la trempe produit sur l'acier. 310.
- XII. MEM. Sur les differentes trempes qu'on peut donner à l'acier; & sur les recuits qu'on lui donne souvent après l'avoir trempé. 341.

TABLE DES MEMOIRES

contenus dans la seconde partie.

- P**REMIER MEMOIRE. Des différentes sortes de fontes de fer, ou de fers fondus, & de leurs qualités; de la maniere de rendre ces fontes plus pures; & à quoi il a tenu qu'on ne fit de fer fondu quantité d'Ouvrages, qu'on peut faire de fer forgé. 385.
- II. MEM.** Sur les différentes manieres de fondre le fer, sur des attentions qu'il faut avoir pour jeter le fer fondu en moule, & pour tirer les Ouvrages des moules. 408.
- III. MEM.** Où sont rapportés les essais qu'on a faits de différentes matieres pour adoucir le fer fondu, & quelles sont celles que ces essais ont montré y être les plus propres. 450.
- IV. MEM.** Des fourneaux propres à adoucir les ouvrages de fer fondu. 475.
- V. MEM.** Des précautions avec lesquelles on doit recuire les ouvrages de fer fondu. Des changements que les différents degrés d'adoucissement produisent dans ce fer. Comment on peut redonner aux ouvrages de fer fondu la dureté qu'on leur a ôtée. Et comment on peut, & jusqu'à quel point, adoucir le fer forgé. 496.
- VI. MEM.** Où on parcourt les différents ouvrages qui peuvent être faits de fer fondu; où on avertit des précautions avec lesquelles quelques-uns veulent être jetés en moule, & recuits; & où on fait connoître aussi quels sont les ouvrages qui ne doivent pas être faits de cette sorte de fer. 529.

Fin de la Table.

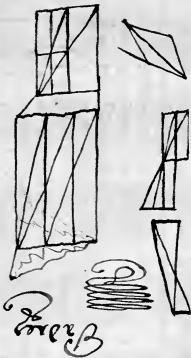
Pare para su cumpli-
m^{to} al. Sr. Juan de
las Puercas.

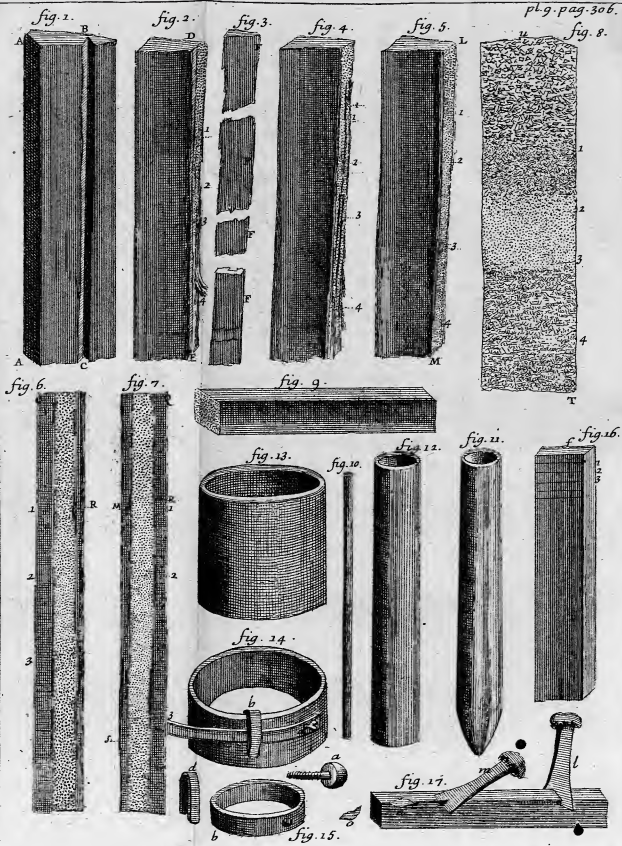
REGLA
19 ALUMINO

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

1953125
0046875

744





qui s'est introduit dans le fer, ou si le sel marin s'introduit tel qu'il est ? c'est sur quoy on ne sçau-roit prononcer avec autant de certitude. Les observations ne peuvent pas aller jusques-là ; elles nous ont pourtant appris que la chaleur de nos fourneaux est suffisante pour sublimer le sel marin jusqu'au dehors de ces fourneaux ; peut-être ne lui est-il pas plus difficile de le contraindre à s'engager dans le fer, dont les parties sont plus écartées, que dans le temps où il est froid. Si cependant on vouloit soutenir que les sels qui pénètrent le fer, ne sont que des especes de sels ammoniacs, on n'avanceroit rien que de très probable ; notre fer est environné des matieres avec lesquels on compose cette sorte de sel. Mais peut-être est-il plus probable encore qu'avec ces sels ammoniacs, il s'introduit dans le fer, non seulement de l'acide du sel marin, mais du sel marin même en substance, comme nous voyons qu'il s'en sublime, & que l'acier a une qualité d'autant plus durable qu'il y est plus entré de cette sorte de sel.

Si on vouloit soutenir, au contraire, que les sels qui s'introduisent dans le fer pendant notre opération sont des sels alcalis qui absorbent ensuite les acides de notre metal, peut-être seroit-ce une proposition qu'on pourroit défendre, quoyqu'elle paroisse moins s'accommoder avec la plupart des faits que nous avons rapporté. Mais pour nous en tenir à ce qui est incontestable, contentons-nous



